

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THIAGO FLORIANI STEPKA

MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DENDROCRONOLOGIA EM ÁRVORES  
NATIVAS DE *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* NO SUL DO  
BRASIL

CURITIBA  
2012

**THIAGO FLORIANI STEPKA**

**MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DENDROCRONOLOGIA EM ÁRVORES  
NATIVAS DE *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* NO SUL  
DO BRASIL**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação  
em Engenharia Florestal, Setor de Ciências  
Agrárias, Universidade Federal do Paraná,  
como requisito à obtenção do grau e título de  
"Doutor em Engenharia Florestal".

Orientador: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Co-orientadores:

Dra. Patrícia Pova de Mattos

Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

**CURITIBA  
2012**

(Termo de aprovação) parecer

**A meus pais, amigos e familiares  
DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus que ilumina o meu caminho, fortalece-me e abençoa-me;

À Universidade Federal do Paraná, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela acolhida e pela oportunidade concedida;

Ao REUNI pela concessão de bolsa de estudo em todo o período do curso de pós-graduação;

Ao Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho, pela orientação, amizade, confiança e boa vontade, fundamentais para o bom desenvolvimento deste trabalho de pesquisa;

À co-orientadora Dr<sup>a</sup>. Patrícia Pova de Mattos pela orientação, valiosas sugestões e por sua amizade;

Ao co-orientador Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado pela orientação, confiança e pelo incentivo a pesquisa;

Aos professores do curso de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Dr<sup>a</sup>. Andrea Nogueira Dias, Dr. Attilio Antônio Disperati (*in memoriam*) e Dr. Antônio José de Araújo que sempre incentivaram o meu avanço nos estudos;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná: Dr. Sylvio Péllico Netto, Dr<sup>a</sup>. Christel Lingnau, Dr. Júlio Eduardo Arce, Dr. Carlos Roberto Sanquetta, Dr<sup>a</sup>. Yoshiko Saito Kuniyoshi, Dr. Carlos Vellozo Roderjan, Dr. Franklin Galvão e Dr. Anselmo Chaves Neto, pelos ensinamentos passados durante o curso;

À Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, bem como o Departamento de Engenharia Florestal, pela disponibilização de espaço físico e equipamentos para a coleta e medição dos anéis de crescimento;

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela autorização para pesquisa científica nas Florestas Nacionais de Irati, Três Barras, Chapecó e São Francisco de Paula;

À EMBRAPA/EPAGRI pela autorização para pesquisa científica na Reserva Floresta da EMBRAPA/EPAGRI de Caçador;

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) pela disponibilização de registros climáticos;

Aos amigos Engenheiros Florestais, colegas de pós-graduação, Rodrigo Lima, Vagner Alex Pesck, Gerson dos Santos Lisboa, Enrique Orellana, Flavio Nascimento, Alan Lessa, Ronan Souza, Thiago Gilli, Júlio Wojciechowski pelo companheirismo no decorrer do curso;

Ao colega Engenheiro Florestal M.Sc. Rafael Cubas pelo auxílio na coleta dos dados na Floresta Nacional de Três Barras e ao colega Engenheiro Florestal Ademar Luiz Chiquetto pelo ajuda na montagem do equipamento de medição dos anéis de crescimento;

Em especial aos meus pais Regina e Vladislau pelos grandes incentivos na minha formação pessoal e também profissional, e por serem a base que me fortalece.

## **BIOGRAFIA**

Thiago Floriani Stepka, filho de Vladislau Koroluk Stepka e de Regina Luzia Floriani Stepka, nascido em Irati – PR em 30 de janeiro de 1986.

Ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO em março de 2003. A partir de 2005 foi bolsista de iniciação científica no Laboratório de Manejo Florestal, onde atuou nas áreas de dendrometria e dinâmica de florestas nativas. Em dezembro de 2006 concluiu o curso de graduação, formando-se Engenheiro Florestal em março de 2007.

No início de 2007 ingressou na primeira turma do programa de pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, tendo sido o primeiro Mestre formado por aquele programa em dezembro de 2008.

No mês de março de 2009 ingressou no programa de pós-graduação em Engenharia Florestal em nível de doutorado da Universidade Federal do Paraná – UFPR na linha de pesquisa Manejo Florestal.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xx</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. Hipóteses .....	4
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
2.1. Objetivo geral .....	6
2.2. Objetivos específicos .....	6
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>7</b>
3.1. Floresta Ombrófila Mista .....	7
3.2. Caracterização das espécies estudadas.....	9
3.2.1. <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) O. Kuntze .....	10
3.2.2. <i>Cedrela fissilis</i> Velloso.....	10
3.2.3. <i>Ocotea porosa</i> (Nees & C. Mart.) Barroso.....	11
3.3. Idade das árvores.....	11
3.3.1. Métodos utilizados para a estimativa da idade das árvores .....	12
3.4. Dinâmica da floresta.....	14
3.4.1. Crescimento .....	15
3.5. Modelagem do crescimento e da produção.....	15
3.5.1. Modelagem do crescimento e produção em função da idade .....	15
3.5.2. Modelagem do incremento em diâmetro em função do diâmetro inicial.....	17
3.6. Análise de tronco .....	20
3.6.1. Análise de Tronco Completa (ATC) .....	21
3.6.2. Análise de Tronco Parcial (ATP).....	22
3.7. Dendrocronologia .....	23
3.7.1. Indicadores ambientais.....	28
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
4.1. Descrição das áreas de estudo .....	30
4.1.1. Floresta Nacional de Irati, no estado do Paraná .....	30
4.1.2. Estação experimental de São João do Triunfo, no estado do Paraná.....	32
4.1.3. Floresta Nacional de Três Barras, no estado de Santa Catarina .....	33
4.1.4. Floresta Nacional de Chapecó, estado de Santa Catarina.....	35
4.1.5. Reserva Florestal EMBRAPA/EPAGRI em Caçador, estado de Santa Catarina.....	36
4.1.6. Floresta Nacional de São Francisco de Paula, no Estado do Rio Grande do Sul .....	37
4.2. Escolha das espécies para realizar o estudo dendrocronológico.....	39
4.3. Coleta, preparo das amostras e medição dos anéis de crescimento .....	41
4.4. Breve resumo das etapas do trabalho.....	44
4.5. Estimativa da idade das árvores .....	45
4.5.1. Estimativa da idade das árvores em função do crescimento.....	45
4.5.2. Estimativa da idade das árvores em função do DAP .....	45
4.5.3. Estimativa da idade das árvores em função da taxa de crescimento.....	46
4.5.4. Comparação das estimativas das idades.....	48
4.6. Determinação do crescimento.....	48
4.6.1. Comparação do crescimento dos locais e entre décadas .....	49



4.7. Modelagem do crescimento e da produção.....	50
4.7.1. Avaliação dos modelos.....	51
4.8. Dendrocronologia .....	52
4.8.1. Datação cruzada das amostras e construção das cronologias .....	53
4.9. Correlação do crescimento com dados climáticos .....	55
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>57</b>
5.1. Características das amostras .....	57
5.2. Estimativa da idade .....	58
5.2.1. Estimativa da idade das árvores em função do crescimento em classes de DAP.....	58
5.2.2. Estimativa da idade em função do DAP .....	59
5.2.3. Estimativa da idade das árvores em função da taxa de crescimento.....	61
5.2.4. Comparação dos métodos de estimativas das idades .....	64
5.3. Estimativa da idade e parâmetros dendrométricos para todas as árvores amostradas.....	65
5.3.1. <i>Araucaria angustifolia</i> .....	66
5.3.2. <i>Cedrela fissilis</i> .....	70
5.3.3. <i>Ocotea porosa</i> .....	74
5.4. Comparação do incremento em diâmetro nos diferentes locais.....	77
5.5. Comparação do incremento diamétrico por década por espécie nos diferentes locais .....	85
5.5.1. <i>Araucaria angustifolia</i> .....	85
5.5.2. <i>Cedrela fissilis</i> .....	87
5.5.3. <i>Ocotea porosa</i> .....	88
5.6. Estimativa do dap em função da idade.....	89
5.6.1. <i>Araucaria angustifolia</i> .....	89
5.6.2. <i>Cedrela fissilis</i> .....	95
5.6.3. <i>Ocotea porosa</i> .....	100
5.7. Modelagem do diâmetro em função da idade para todas as árvores.....	103
5.7.1. <i>Araucaria angustifolia</i> .....	103
5.7.2. <i>Cedrela fissilis</i> .....	107
5.7.3. <i>Ocotea porosa</i> .....	111
5.8. Modelagem do incremento em função do diâmetro inicial .....	114
5.8.1. <i>Araucaria angustifolia</i> .....	115
5.8.2. <i>Cedrela fissilis</i> .....	118
5.8.3. <i>Ocotea porosa</i> .....	120
5.9. Datações cruzadas e elaboração de cronologias .....	121
5.9.1. <i>Araucaria angustifolia</i> .....	122
5.9.2. <i>Cedrela fissilis</i> .....	137
5.9.3. <i>Ocotea porosa</i> .....	150
5.10. Correlação entre cronologias .....	160
5.11. Correlação do crescimento com dados climáticos .....	161
5.11.1. <i>Araucaria angustifolia</i> .....	163
5.11.2. <i>Cedrela fissilis</i> .....	167
5.11.3. <i>Ocotea porosa</i> .....	169
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>171</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>173</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESPÉCIES SELECIONADAS PARA A PESQUISA E RESPECTIVOS AUTORES QUE DESENVOLVERAM ESTUDOS DENDROCRONOLÓGICOS.....	40
TABELA 2 - MODELOS UTILIZADOS PARA A ESTIMATIVA DA IDADE DAS ÁRVORES.....	46
TABELA 3 - EXEMPLO DO PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DA IDADE DA ÁRVORE COM BASE NA TAXA DE CRESCIMENTO PARA UMA ÁRVORE COLETADA ALEATORIAMENTE NA AMOSTRA.....	47
TABELA 4 - MODELOS TESTADOS PARA ESTIMAR O INCREMENTO CORRENTE ANUAL DIAMÉTRICO EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO INICIAL.....	50
TABELA 5 - MODELOS TESTADOS PARA ESTIMAR O CRESCIMENTO ACUMULADO (PRODUÇÃO) DO DIÂMETRO.....	51
TABELA 6 - LOCAL, DISTÂNCIA E ANO DE INÍCIO DOS REGISTROS CLIMÁTICOS DAS ESTAÇÕES QUE DISPONIBILIZARAM OS DADOS METEOROLÓGICOS.....	56
TABELA 7 - CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS EM CADA LOCAL DO SUL DO BRASIL.....	57
TABELA 8 - INCREMENTOS MÉDIOS ANUAIS SEM CASCA POR CLASSE DE DAP (COM AMPLITUDE DE 5 CM) PARA AS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS.....	59
TABELA 9 - ESTATÍSTICAS DOS MODELOS PARA A ESTIMATIVA DA IDADE EM FUNÇÃO DO DAP COM CASCA PARA <i>A. angustifolia</i> , <i>C. fissilis</i> e <i>O. Porosa</i> .....	60
TABELA 10 - ESTATÍSTICAS DOS MODELOS PARA A ESTIMATIVA DA IDADE EM FUNÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO PARA <i>A. angustifolia</i> , <i>C. fissilis</i> e <i>O. porosa</i> .....	63
TABELA 11 - MÉDIAS DAS IDADES ESTIMADAS PELOS DIFERENTES MÉTODOS E SIGNIFICÂNCIA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F).....	65
TABELA 12 - IDADE, DAP MEDIDO E OBSERVADO DAS AMOSTRAS DE <i>Araucaria angustifolia</i> ENCONTRADAS NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL.....	67
TABELA 13 - IDADE ESTIMADA DA <i>A. angustifolia</i> POR CLASSE DE DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO COM CASCA.....	69
TABELA 14 - IDADE, DAP MEDIDO E OBSERVADO DAS AMOSTRAS DE <i>C. fissilis</i> ENCONTRADAS NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL.....	71
TABELA 15 - IDADE ESTIMADA DE <i>C. fissilis</i> POR CLASSE DE DIÂMETRO.....	73
TABELA 16 - IDADE, DAP MEDIDO E OBSERVADO DAS AMOSTRAS DE <i>O. porosa</i> ENCONTRADAS NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL.....	75
TABELA 17 - IDADE ESTIMADA DE <i>O. porosa</i> POR CLASSE DE DIÂMETRO.....	77

TABELA 18 – MÉDIA, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS INCREMENTOS EM DIÂMETRO POR LOCAL <i>A. angustifolia</i> , <i>C. fissilis</i> e <i>O. porosa</i> .....	78
TABELA 19 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O INCREMENTO DE <i>A. angustifolia</i> , <i>C. fissilis</i> e <i>O. porosa</i> .....	78
TABELA 20 - SUMARIZAÇÃO DAS MÉDIAS DE INCREMENTO POR ESPÉCIE. ...	79
TABELA 21 - CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL EM DIÂMETRO DE <i>A. angustifolia</i> , POR DÉCADA PARA OS DIFERENTES LOCAIS. ....	86
TABELA 22 - CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL EM DIÂMETRO DE <i>C. fissilis</i> , POR DÉCADA PARA OS DIFERENTES LOCAIS. ....	87
TABELA 23 - CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL EM DIÂMETRO DE <i>O. porosa</i> , POR DÉCADA PARA OS DIFERENTES LOCAIS. ....	88
TABELA 24 - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA A <i>A. angustifolia</i> EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS. ....	90
TABELA 25 - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA <i>C. fissilis</i> EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS. ....	96
TABELA 26 - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA <i>O. porosa</i> EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS. ....	100
TABELA 27 - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA <i>A. angustifolia</i> EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS. ....	104
TABELA 28 - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA <i>C. fissilis</i> EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS. ....	108
TABELA 29 - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA <i>O. porosa</i> EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS. ....	112
TABELA 30 - ESTATÍSTICAS E COEFICIENTES DOS MODELOS AJUSTADOS PARA ESTIMAR O ICA PARA <i>A. angustifolia</i> NOS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS. ....	116
TABELA 31 - ESTATÍSTICAS E COEFICIENTES DOS MODELOS AJUSTADOS PARA O ICA DE <i>C. fissilis</i> NOS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS. ....	119
TABELA 32 - ESTATÍSTICAS E COEFICIENTES DOS MODELOS AJUSTADOS PARA O ICA DE <i>O. porosa</i> NOS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS. ....	120
TABELA 33 - NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E	

	CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA A. <i>angustifolia</i> AMOSTRADA EM CAÇADOR. ....	122
TABELA 34	- NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA A. <i>angustifolia</i> AMOSTRADA EM CHAPECÓ. ....	125
TABELA 35	- NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA A. <i>angustifolia</i> AMOSTRADA EM IRATI. ....	128
TABELA 36	- NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA A. <i>angustifolia</i> AMOSTRADA EM SÃO FRANCISCO DE PAULA. ....	130
TABELA 37	- NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA A. <i>angustifolia</i> AMOSTRADA EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO. ....	133
TABELA 38	- NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA A. <i>angustifolia</i> AMOSTRADA EM TRÊS BARRAS. ....	135
TABELA 39	- NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA <i>C. fissilis</i> AMOSTRADA EM CAÇADOR. ....	138
TABELA 40	- NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA <i>C. fissilis</i> AMOSTRADA EM CHAPECÓ. ....	140
TABELA 41	- NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA <i>C. fissilis</i> AMOSTRADA EM IRATI. ....	142
TABELA 42	- NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA <i>C. fissilis</i> AMOSTRADA EM SÃO FRANCISCO DE PAULA. ....	144

TABELA 43 - NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA <i>C. fissilis</i> AMOSTRADA EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO.....	146
TABELA 44 - NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA <i>C. fissilis</i> AMOSTRADA EM TRÊS BARRAS.....	148
TABELA 45 - NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA <i>O. porosa</i> AMOSTRADA EM CAÇADOR. ....	150
TABELA 46 - NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA <i>O. porosa</i> AMOSTRADA EM IRATI.....	153
TABELA 47 - NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA <i>O. porosa</i> AMOSTRADA EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO.....	155
TABELA 48 - NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA <i>O. porosa</i> AMOSTRADA EM TRÊS BARRAS.....	158
TABELA 49 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS CRONOLOGIAS MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> DOS DIFERENTES LOCAIS. ....	160
TABELA 50 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS CRONOLOGIAS MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> DOS DIFERENTES LOCAIS.....	160
TABELA 51 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS CRONOLOGIAS MÁSTER DE <i>O. porosa</i> DOS DIFERENTES LOCAIS. ....	160
TABELA 52 - CORRELAÇÃO DO CRESCIMENTO DE <i>A. angustifolia</i> COM PARÂMETROS METEOROLÓGICOS.....	164
TABELA 53 - CORRELAÇÃO DO CRESCIMENTO DE <i>C. fissilis</i> COM PARÂMETROS METEOROLÓGICOS.....	168
TABELA 54 - CORRELAÇÃO DO CRESCIMENTO DE <i>O. porosa</i> COM PARÂMETROS METEOROLÓGICOS.....	170

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCAIS DO SUL DO BRASIL ONDE FORAM COLETADAS AS AMOSTRAS POSICIONADOS EM COORDENADAS UTM, DATUM SAD 1969.....	30
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES E DAS ÁRVORES AMOSTRADAS NA ÁREA DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA DA FLONA DE IRATI. ....	32
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE SÃO JOÃO DO TRIUNFO. ....	33
FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES NA FLONA DE TRÊS BARRAS.....	34
FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES NA FLONA DE CHAPECÓ .....	35
FIGURA 6 - LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES NA RESERVA FLORESTAL EMBRAPA/EPAGRI-CAÇADOR. ....	37
FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA. ....	39
FIGURA 8 - PROCESSO DE COLETA DAS AMOSTRAS COM O TRADO DE PRESSLER. A: INSERÇÃO DO TRADO DE INCREMENTO NA ÁRVORE; B E C: RETIRADA DO ROLO COM O EXTRATOR DO TRADO DE INCREMENTO; D: FECHAMENTO DO ORIFÍCIO DA ÁRVORE COM CERA DE ABELHA <i>IN NATURA</i> . ....	42
FIGURA 9 - EXEMPLO DAS AMOSTRAS PREPARADAS PARA A MEDIÇÃO COM O LINTAB 6, SENDO: A: <i>Araucaria angustifolia</i> ; B: <i>Cedrela fissilis</i> ; C: <i>Ocotea porosa</i> .....	43
FIGURA 10 - ANÉIS DE CRESCIMENTO AMPLIADOS COM USO DA LUPA LEICA STEREO ZOOM ACOPLADA À MESA DE MEDIÇÃO LINTAB 6, SENDO: A: <i>Araucaria angustifolia</i> ; B: <i>Cedrela fissilis</i> ; C: <i>Ocotea porosa</i> . AUMENTO 3 VEZES .....	43
FIGURA 11 - CURVAS DA IDADE EM FUNÇÃO DO DAP PARA AS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS. Erros aleatórios??? .....	61
FIGURA 12 - TAXA DE CRESCIMENTO MÉDIA DE <i>A. angustifolia</i> , <i>C. fissilis</i> E <i>O. porosa</i> POR CLASSE DE DIÂMETRO EM TODOS OS LOCAIS, SENDO NO EIXO X O DAP EM CM/ANO E NO EIXO Y AS TAXAS MÉDIAS DE CRESCIMENTO.....	62
FIGURA 13 - CURVA DA IDADE EM FUNÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO RESULTANTE DO AJUSTE DO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS PARA AS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS.....	64
FIGURA 14 - NÚMERO DE REPETIÇÕES DAS AMOSTRAS DE <i>A. angustifolia</i> POR ANO E POR LOCAL DO SUL DO BRASIL. ....	68
FIGURA 15 - MÉDIA DAS IDADES ESTIMADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE <i>A. angustifolia</i> ESTUDADOS.....	70
FIGURA 16 - NÚMERO DE REPETIÇÕES DAS AMOSTRAS DE <i>C. fissilis</i> POR ANO E POR LOCAL DO SUL DO BRASIL. ....	72

FIGURA 17 - MÉDIA DAS IDADES ESTIMADAS PARA OS INDIVÍDUOS DE <i>C. fissilis</i> DE TODOS OS LOCAIS.....	74
FIGURA 18 - NÚMERO DE REPETIÇÕES DAS AMOSTRAS DE <i>O. porosa</i> POR ANO E POR LOCAL DO SUL DO BRASIL. ....	76
FIGURA 19 - MÉDIA DAS IDADES ESTIMADAS PARA OS INDIVÍDUOS DE <i>O. porosa</i> DE TODOS OS LOCAIS. ....	77
FIGURA 20 - INCREMENTO DIAMÉTRICO MÉDIO ANUAL DE <i>A. angustifolia</i> POR CLASSE DE DIÂMETRO NOS DIFERENTES LOCAIS. ....	81
FIGURA 21 - INCREMENTO DIAMÉTRICO MÉDIO ANUAL DE <i>C. fissilis</i> POR CLASSE DE DIÂMETRO NOS DIFERENTES LOCAIS. ....	82
FIGURA 22 - INCREMENTO DIAMÉTRICO MÉDIO ANUAL DE <i>O. porosa</i> POR CLASSE DE DIÂMETRO NOS DIFERENTES LOCAIS. ....	84
FIGURA 23 - CURVAS DE PRODUÇÃO EM DAP DE <i>A. angustifolia</i> EM DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	93
FIGURA 24 - CURVAS DE ICA E IMA PARA <i>A. angustifolia</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL ESTIMADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	95
FIGURA 25 - CURVAS DE PRODUÇÃO EM DAP DE <i>C. fissilis</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	98
FIGURA 26 - CURVAS DE INCREMENTO CORRENTE E INCREMENTO MÉDIO ANUAL PARA <i>C. fissilis</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL ESTIMADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	99
FIGURA 27 - CURVAS DE PRODUÇÃO EM DAP ESTIMADAS PARA <i>O. porosa</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	102
FIGURA 28 - CURVAS DE INCREMENTO CORRENTE E INCREMENTO MÉDIO ANUAL PARA <i>O. porosa</i> IMBUIA NOS DIFERENTES LOCAIS AMOSTRADOS ESTIMADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	103
FIGURA 29 - CURVAS DE PRODUÇÃO EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE <i>A. angustifolia</i> DOS DIFERENTES LOCAIS AMOSTRADOS GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	106
FIGURA 30 - CURVAS DE ICA E IMA EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE <i>A. angustifolia</i> DOS DIFERENTES LOCAIS ESTIMANDAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	107
FIGURA 31 - CURVAS DE PRODUÇÃO EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE <i>C. fissilis</i> NOS DIFERENTES LOCAIS GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	110
FIGURA 32 - CURVAS DE ICA E IMA EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE <i>C. fissilis</i> DOS DIFERENTES LOCAIS ESTIMADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	111
FIGURA 33 - CURVAS DE PRODUÇÃO EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE <i>O. porosa</i> NOS DIFERENTES	

LOCAIS AMOSTRADOS GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS. ....	113
FIGURA 34 - CURVAS DE ICA E IMA EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS <i>O. porosa</i> DOS DIFERENTES LOCAIS ESTIMADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.....	114
FIGURA 35 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM CAÇADOR ELABORADA COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	123
FIGURA 36 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM CAÇADOR CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	124
FIGURA 37 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM CHAPECÓ ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	126
FIGURA 38 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM CHAPECÓ CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	127
FIGURA 39 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM IRATI ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	129
FIGURA 40 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM IRATI CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	129
FIGURA 41 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	131
FIGURA 42 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN. ....	132
FIGURA 43 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	134
FIGURA 44 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN. ....	134
FIGURA 45 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	136
FIGURA 46 - SÉRIE MÁSTER DE <i>A. angustifolia</i> AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	136
FIGURA 47 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM CAÇADOR ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	139
FIGURA 48 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM CAÇADOR CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	139
FIGURA 49 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM CHAPECÓ ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	141



FIGURA 50 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM CHAPECÓ CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	141
FIGURA 51 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM IRATI ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	143
FIGURA 52 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM IRATI CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	143
FIGURA 53 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	145
FIGURA 54 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN. ....	145
FIGURA 55 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	147
FIGURA 56 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	147
FIGURA 57 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA. ....	149
FIGURA 58 - SÉRIE MÁSTER DE <i>C. fissilis</i> AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	149
FIGURA 59 - SÉRIE MÁSTER DE <i>O. porosa</i> AMOSTRADAS EM CAÇADOR ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	151
FIGURA 60 - SÉRIE MÁSTER DE <i>O. porosa</i> AMOSTRADAS EM CAÇADOR CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	151
FIGURA 61 - SÉRIE MÁSTER DE <i>O. porosa</i> AMOSTRADAS EM IRATI ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	154
FIGURA 62 - SÉRIE MÁSTER DE <i>O. porosa</i> AMOSTRADAS EM IRATI CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	154
FIGURA 63 - SÉRIE MÁSTER DE <i>O. porosa</i> AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	156
FIGURA 64 - SÉRIE MÁSTER DE <i>O. porosa</i> AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	156
FIGURA 65 - SÉRIE MÁSTER DE <i>O. porosa</i> AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.....	159
FIGURA 66 - SÉRIE MÁSTER DE <i>O. porosa</i> AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.....	159
FIGURA 67 - REGISTRO DAS TEMPERATURAS MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, DAS ESTAÇÕES MAIS PRÓXIMAS DO LOCAL DE PESQUISA. ....	162

FIGURA 68 - REGISTROS DA PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS MAIS PRÓXIMAS DAS ÁREAS DE PESQUISA.....	163
--	-----

## RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo realizar estudos dendrocronológicos e modelar o crescimento em diâmetro de três espécies da Floresta Ombrófila Mista nos três estados do sul do Brasil. Foi realizada a coleta de rolos de incremento nos seguintes locais: Floresta Nacional de Irati e Estação Experimental de São João do Triunfo, no estado do Paraná; Florestas Nacionais de Três Barras e Chapecó e Reserva Florestal EMBRAPA/EPAGRI de Caçador, no estado de Santa Catarina; e Floresta Nacional de São Francisco de Paula, no Rio Grande do Sul. Em cada um destes locais foram coletadas 30 amostras das espécies nativas *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze, *Cedrela fissilis* Vellozo e *Ocotea porosa* (Nees & C. Mart.) Barrosocom uso de Trado de Pressler. Foram determinadas as idades, avaliados e modelados os incrementos em diâmetro; determinada a idade média das árvores; identificados os anos indicadores para a construção da cronologia mestra para cada local, reconhecendo fatores de limitação do crescimento; e investigada a correlação do crescimento com condições climáticas. Para araucária, a idade estimada média dos indivíduos variou de 71 anos em Três Barras a 264 anos em Caçador demonstrando assim a grande variabilidade das idades nos diferentes locais, muito provavelmente em consequência do diâmetro médio das árvores amostradas, que em Três Barras foi de 32,12 cm contra 74,76 cm em Caçador, o que pode refletir no nível de conservação das araucárias mais elevado para Caçador. A idade estimada média dos cedros amostrados nos diferentes locais variou de 50 anos (São Francisco de Paula – RS) a 109 anos (Irati - PR). Em relação à imbuia, dos quatros locais onde foram coletadas amostras desta espécie, em três deles a idade estimada média foi superior a 120 anos, sendo que em Caçador chegou a 196 anos. O crescimento diamétrico médio para a araucária variou de 0,30 cm.ano<sup>-1</sup> (Caçador - SC) a 0,58 cm.ano<sup>-1</sup> (Irati - PR); para o cedro variou de 0,31 cm.ano<sup>-1</sup> (Três Barras - SC) a 0,53 cm.ano<sup>-1</sup> (São Francisco de Paula - SC); e para a imbuia variou de 0,24 cm.ano<sup>-1</sup> (Caçador - SC) a 0,43 cm.ano<sup>-1</sup> (São João do Triunfo - PR); Foi verificada a existência de diferença estatística entre o crescimento das espécies em todos os locais. O crescimento médio por década das três espécies apresentou diferença estatística em alguns locais como no caso da araucária em Chapecó, Irati, São Francisco de Paula, São João do Triunfo e Três Barras; do cedro em Chapecó, Irati, São João do Triunfo e Três Barras; da imbuia em Caçador, Irati e São João do Triunfo. Além disso, foram ajustados 13 modelos para estimar o incremento em diâmetro em função da idade (somente das árvores em que foi possível atingir a medula) e 9 modelos para estimar o incremento em função do diâmetro inicial, sendo o resultado dos ajustes compatíveis com outros trabalhos já realizados. Observou-se que os anos característicos de altos e baixos crescimento não são os mesmos para as diferentes espécies, indicando haver diversos fatores interferindo no crescimento de cada espécie. As cronologias másters geradas pelos softwares Cofecha e Arstan garantem a datação precisa das amostras de madeira, tendo aplicação não somente para o manejo florestal mais também para outras áreas como para a perícia florestal; A baixa correlação entre as cronologias de cada local demonstra um crescimento diferenciado, influenciado pelo sítio em questão, fazendo com que haja a necessidade de expandir os estudos dendrocronológicos

em mais locais do ecossistema Floresta Ombrófila Mista de modo a construir uma rede de cronologias másters. Em relação à correlação do crescimento médio com dados climáticos, verificou-se, em alguns casos, correlação significativa do crescimento com as temperaturas média, máxima, mínima e com a precipitação; As correlações com dados climáticos poderiam ser melhoradas se fossem inseridas variáveis das condições do solo, e principalmente da disponibilidade de água no solo para as plantas.

Palavras-chave: Floresta Ombrófila Mista, dinâmica florestal, análise retrospectiva

## ABSTRACT

This research aimed to determine and to model patterns of growth and dendrochronological studies of three species of *Araucaria* Forest in the three southern states of Brazil. It was collected increment borer in the following locations: Irati National Forest and Experimental Station of São João do Triunfo in the Paraná state; Três Barras e Chapecó National forests and EMBRAPA/EPAGRI Forest Reserve in the Santa Catarina state; and São Francisco de Paula National Forest in the Rio Grande do Sul state. In each location, we collected 30 samples using Pressler increment borer in 3 native species: *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze, *Cedrela fissilis* Vellozo and *Ocotea porosa* (C. Nees & Mart.) Barroso. It was determined the ages, evaluated and modeled the diameter; It was identified the indicators years for the construction of the master chronology for each site, recognizing the limitation of growth factors; and the correlation of growth with climatic conditions. For *Araucaria*, the estimated average age of trees ranged from 264 years in Caçador to 71 years in Três Barras, shown the great variability of the ages in different places, most likely as a result of the mean diameter of the trees, which in Caçador was 74.76 cm against 32.12 cm in Três Barras, which may reflect the level of conservation of *araucaria* higher for Caçador. The estimated average age of the *Cedro* sampled at different locations ranged from 109 years (Irati) to 50 years (São Francisco de Paula - RS). Regarding to the *Imbuia*, the four local where samples were collected for this specie, in three of them, the estimated average age was over 120 years, having reached 196 years in Caçador. The average growth of diameter for *Araucaria* ranged from 0.30 cm.ano<sup>-1</sup> (Caçador) to 0.58 cm.ano<sup>-1</sup> (Irati); for *Cedro* ranged from 0.31 cm.ano<sup>-1</sup> (Três Barras) to 0.53 cm.ano<sup>-1</sup> (São Francisco de Paula); and the *Imbuia* ranged from 0.24 cm.ano<sup>-1</sup> (Caçador) to 0.43 cm.ano<sup>-1</sup> (São João do Triunfo); it was verified statistical difference between the growth of the species in all locations. The average growth per decade of the three species showed statistical differences in some places as in the case of *Araucaria* in Chapecó, Irati, São Francisco de Paula, São João do Triunfo and Três Barras; for the *Cedro* in Chapecó, Irati, São João do Triunfo e Três Barras; for the *Imbuia* in Caçador, Irati and São João do Triunfo. In addition, it was adjusting 13 models to estimate the diameter as a function of age (only of the trees it was possible to achieve the pith) and 9 models to estimate the increment as a function of initial diameter, being the result of adjustments compatible with the others researches already done. The Master chronologies generated by the softwares Cofecha and Arstanguarantees the precise dating of wood samples, with application not only for forest management but also for other areas as for forestry expertise; The low correlation between the chronology of each site indicates a different growth pattern, influenced by the sites involved, so that there is a need to expand the dendrochronological studies in more local from ecosystem *Araucaria* Forest in order to build a network of master chronologies. Regarding the growth mean correlation with climatological data, it was found in some cases, a significant correlation from growth mean with medium, maximum, and minimum temperature and with the precipitation. The correlations with climate data could be improved if they were inserted variables soil conditions, and especially the availability of soil water to plants.

Keywords: *Araucaria* Forest, forest dynamics, retrospective analysis

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que apresenta grande cobertura florestal nos mais variados ecossistemas, desde a floresta amazônica, cerrado, caatinga e mata atlântica. No ecossistema mata atlântica, a Floresta Ombrófila Mista presente principalmente nos estados do sul país, apresentava uma vasta extensão com grande diversidade de espécies, muitas delas de grande potencial madeireiro, que por sua vez foram alvo de intensa exploração no passado.

Nesta região o desenvolvimento econômico aconteceu de forma bastante acelerada pela exploração de algumas destas espécies, principalmente a *Araucaria angustifolia* (araucária) e a *Ocotea porosa* (imbuia). Durante este período muitas cidades eram extremamente dependentes das indústrias madeireiras para a sua manutenção e sobrevivência.

Certamente que recursos de uma floresta, fazem-se necessários para o desenvolvimento de uma nação, pois segundo Péllico Netto e Brena (1997), nenhum país pode prescindir dos recursos oriundos das florestas para seu desenvolvimento econômico e social. O que preocupa é a forma como estes recursos são administrados para que seja garantida a sua perpetuidade.

Na região sul do Brasil, com o aumento da exploração florestal, Schneider e Finger (2000) relataram que apesar de proporcionar bens econômicos momentâneos, esta atividade provocou a conversão do uso da terra, acarretando uma ocupação desordenada das áreas, cujo resultado é o empobrecimento da sociedade, e ainda uma perda de informações muito grande sobre a ecologia destas florestas. Segundo Leite e Klein (1990), a tipologia da região da Floresta Ombrófila Mista (FOM), foi drasticamente reduzida a inexpressivos 10% de sua dimensão original, antes mesmo de ser adequadamente conhecida.

Sendo assim, em uma tentativa de reduzir o desmatamento das florestas nativas do sul do Brasil e evitar a falta de matéria prima para a grande quantidade de indústrias madeireiras existente na região, iniciaram-se, nas décadas de 1960 e 1970, os plantios com espécies exóticas, principalmente dos gêneros *Pinus* e

*Eucalyptus*, por serem de rápido crescimento, boa qualidade e grande potencial para o mercado nacional e, principalmente, no exterior.

Esta medida, apesar de desacelerar a exploração das florestas nativas, fez com que os poucos remanescentes ainda intactos fossem estudados de maneira pouco representativa, principalmente pelo fato de que as espécies exóticas implantadas adaptaram-se significativamente às condições da região, e a demanda para as indústrias madeireiras por melhores resultados de crescimento e desenvolvimento dessas espécies era muito grande, as pesquisas florestais foram fortemente voltadas para proporcionar o melhor manejo e maior aproveitamento da madeira destas florestas plantadas.

Neste aspecto, segundo Schneider et al. (2000), pouca atenção foi dada às essências nativas remanescentes, em função de existirem poucas informações da autoecologia, do crescimento e do processo silvicultural na constituição de povoamentos nos diferentes períodos de formação da floresta, fatores estes que prejudicaram o interesse em plantações com espécies nativas.

Dentre as espécies nativas da FOM, destacam-se as espécies estudadas nesta pesquisa, *Araucaria angustifolia*(Araucária), *Cedrela fissilis*(Cedro) e *Ocotea porosa*(Imbuia), que apresentavam ocorrência bastante marcante nos estados do sul do Brasil até início do século XX e sofreram ao longo dos anos, grande exploração devido à qualidade e durabilidade de sua madeira. Estas espécies, mesmo com ocorrência atual restringida a poucos remanescentes, podem apresentar bom resultado econômico nas propriedades rurais em que se encontram desde que se aplique um manejo adequado, seja para a sua conservação ou mesmo para o seu uso sustentável.

Quando se trabalha com florestas nativas existe grande complexidade, principalmente com relação ao elevado número de espécies com diferentes características silviculturais, ecológicas e tecnológicas, e sobre as quais segundo Scolforo et al. (1996), existem poucas informações relativas ao crescimento. Isso dificulta a tomada de decisões em muitos aspectos, como por exemplo, a definição do ciclo de corte, o conhecimento de como o número de árvores por classe de diâmetro evolui ao longo do tempo, a suscetibilidade das espécies florestais à exploração, economicidade do manejo sustentado, uma maior eficiência no processo

de beneficiamento da madeira, a racionalização das técnicas de exploração e transporte, dentre outras.

Notadamente, para se obter informações consistentes ao manejo florestal, faz-se necessário que a coleta dos dados para o estudo das florestas nativas seja realizada nos mais diversos locais, desde os mais degradados aos que apresentam elevado grau de conservação, e que as técnicas utilizadas para a mensuração e tratamento dos dados sejam cuidadosamente elaboradas.

Nesse sentido, para Spathelf et al.(2001), uma das maneiras de se avaliar crescimento e produtividade é por meio de inventários contínuos, com instalação de parcelas permanentes; porém, o inconveniente é o grande período necessário para a obtenção dos dados. Entretanto, quando a espécie de interesse apresenta anéis de crescimento observáveis, a dendrocronologia permite recompor seu crescimento passado de maneira relativamente rápida.

Portanto, ao se trabalhar com dados oriundos de anéis de crescimento, o tempo para se obter as informações do incremento de uma árvore é bastante rápido e com uma precisão, o que garante uma maior confiabilidade nos resultados gerados.

Sendo assim, algumas pesquisas que trataram da sazonalidade da formação dos anéis de crescimento, como por exemplo, Worbes (2002) afirmou que em florestas tropicais pluviais, os regimes estacionais de precipitação ou de inundação são apontados como os principais determinantes da sazonalidade de crescimento. Da mesma forma, em florestas subtropicais, a variação anual da temperatura pode ter grande influência sobre a regulação da atividade cambial.

O Planalto Meridional Brasileiro, devido às suas características climáticas e florísticas, é apontado como área de relevante potencial dendrocronológico (ROIG, 2000). Esta região apresenta marcada estacionalidade climática, decorrente das diferenças entre as temperaturas de verão e inverno, que possivelmente respondem diretamente à sazonalidade do clima na formação dos anéis de crescimento (SANTAROSA et al., 2007).

A região sul do Brasil, onde ocorre a Floresta Ombrófila Mista, apresenta certa diversidade de ambientes fortemente influenciados pela variação ambiental, como por exemplo, a temperatura, altitude, solos, precipitação, insolação, geadas



e, em alguns casos, até mesmo a ocorrência de neve. Sendo assim, para se obter resultados seguros e confiáveis da dinâmica das espécies dessa floresta, faz-se necessária a utilização de pontos de coleta de informações distribuídas em um maior número possível de localidades a fim de verificar as diferenças de crescimento em cada local.

Para Charbes et al. (1998), por meio do conhecimento sobre o crescimento e a idade das árvores podem-se obter importantes informações a respeito da dinâmica de populações, a determinação de perturbações recorrentes no ecossistema ao longo do tempo, práticas de manejo florestal visando o desenvolvimento sustentável e sobre o ciclo do carbono na floresta. Já para Vetter e Botosso (1988) o conhecimento da idade e taxa de crescimento de árvores tropicais é de particular importância tanto para as ciências florestais como para a ecologia, uma vez que se pode desenvolver esquemas viáveis para a utilização das florestas, determinar ciclos de cortes, estimar o volume a ser explorado baseado na taxa de crescimento e idade e, além disso, realizar estudos de população, desenvolvimento e produção de ecossistemas.

Neste contexto, a presente pesquisa buscou gerar informações do padrão de crescimento e aspectos dendrocronológicos da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze, *Cedrela fissilis* Velloso e *Ocotea porosa* (Nees & C. Mart.) Barroso, importantes espécies nativas do sul do Brasil, utilizando-se de técnicas dendrocronológicas e de modelagem do crescimento. Neste estudo foram amostradas árvores das três espécies nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, tendo sido avaliado: a faixa etária das espécies e as taxas de crescimento; o padrão de crescimento nos diferentes locais; modelagem do incremento diamétrico; os fatores limitantes do crescimento e também foi realizada a correlação entre o crescimento e os fatores ambientais.

### 1.1. HIPÓTESES TESTADAS

-As idades das árvores de florestas nativas podem ser estimadas em função do seu diâmetro, ou de sua taxa de crescimento;

- Existe diferença significativa do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* em diferentes lugares do sul do Brasil;
- É possível realizar a modelagem do crescimento de árvores de floresta nativa em função da idade ou do diâmetro inicial.
- Fatores Climáticos (temperatura e precipitação) influenciam diretamente no crescimento das árvores.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Determinar e modelar padrões de crescimento e realizar estudos dendrocronológicos em árvores nativas de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* no sul do Brasil.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a idade média das espécies estudadas;
- Estudar o incremento em diâmetro de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul;
- Modelar o incremento em diâmetro das espécies;
- Identificar anos indicadores para a construção da cronologia máster para cada local, reconhecendo fatores de limitação do crescimento;
- Investigar possíveis correlações entre o crescimento em diâmetro de cada espécie com variáveis climáticas.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) é um ecossistema florestal típico da região sul do Brasil, tendo como principal característica a presença da espécie conífera *Araucaria angustifolia*. Esta tipologia florestal também é conhecida popularmente como Floresta com Araucária ou Mata dos pinhais. O termo Floresta Ombrófila Mista foi inicialmente utilizado por Veloso e Goés Filho (1982) e adotado pelo IBGE (1992) na classificação fisionômico-ecológica da vegetação brasileira.

Segundo Roderjan et al. (2002), a FOM é uma unidade fitoecológica onde se contempla a coexistência de representantes das floras tropical (afro-brasileira) e temperada (austro-brasileira), em marcada relevância fisionômica de elementos Coniferales e Laurales, onde domina *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze (Araucariaceae), espécie gregária de alto valor econômico e paisagístico. Compreende as formações florestais típicas e exclusivas dos planaltos da região Sul do Brasil, com disjunções na região Sudeste e em países vizinhos (Paraguai e Argentina). Encontra-se predominantemente entre as altitudes de 800 e 1200 m, podendo eventualmente ocorrer abaixo e acima desses limites.

Segundo Carvalho (1994), a Floresta com Araucária ocorre da latitude 19°15'S (Conselheiro Pena - MG, no alto rio Doce) a 31°30'S (Canguçu - RS). Com referência à longitude, estende-se desde 41°30'W até 54°30'W. Ocorre principalmente no Brasil e em pequenas manchas na Argentina (extremo nordeste, na província de Misiones) e no Paraguai (leste, no Departamento de Alto Paraná). No Brasil a área original era de cerca de 200.000 km<sup>2</sup>, de formato irregular, ocorrendo principalmente nos Estados do Paraná (40% de sua superfície), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) e com manchas esparsas no sul de São Paulo (3%), internando-se até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro em áreas de altitude elevadas (1%).

Para Lamprecht (1990), as coníferas presentes nas florestas em clímax apresentam melhores chances na competição do que pioneiras heliófilas, sendo que

*Araucaria angustifolia* possui a característica dominante de umbela plana, típico do estrato superior desta tipologia florestal e, nos estratos inferiores desenvolvem-se povoamentos mistos de 50 a 60 espécies de folhosas, dentre elas mirtáceas e lauráceas. Já para Carvalho (1994), a floresta conhecida como “mata-de-araucária” ou “pinheiral”, ocorre em associação da espécie *Araucaria angustifolia* principalmente com os gêneros *Ilex*, *Ocotea* e *Podocarpus*, componentes do estrato logo abaixo das copas dos pinheiros (segundo estrato).

Para Sanquetta (2005), a floresta de araucária abriga não somente a sua espécie típica, mas muitas outras que formam comunidades interativas e diferenciadas em florística, estrutura e organização ecológica. Existe grande riqueza na floresta de araucária, seja nos seus componentes arbóreos, no sub-dossel ou nas copas que formam dosséis irregulares. Ali a biodiversidade atinge níveis elevados, apesar de sua aparente simplicidade estrutural.

Maack (1968) considerou como espécies importantes da Floresta Ombrófila Mista, a imbuia (*Ocotea porosa*(Nees & C. Mart.) Barroso) e a erva-mate (*Ilex paraguariensis*St. Hil.). Além destas, esse autor destacou as diversas espécies que se associam regularmente à araucária, como: as canelas (dos gêneros *Nectandra* e *Ocotea*), as leguminosas (dos gêneros *Dalbergia* e *Machaerium*), as meliáceas (principalmente *Cedrela fissilis*Vell.), as mirtáceas (como *Campomanesia xanthocarpa*O.Berg.), *Podocarpus lambertii*Klotzsch ex ichler (*Podocarpus* ou pinheiro-bravo) e *Syagrus romanzoffiana*(Cham.) Glassman.(jerivá).

Para Roderjan et al.(2002), na Floresta Ombrófila Mista Montana (600 a 1200 m de altitude), a *Araucaria angustifolia* forma um estrato dominante e contínuo acima de 30 metros de altura, podendo ocorrer indivíduos emergentes acima de 40 metros. Diferentes espécies ocorrem associadas, onde são comuns *Ocotea porosa*, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees, *Ocotea pulchella* Mart.(Lauraceae), *Capsicodendron dinisii* (Schwacke) Occhioni (Canellaceae), *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera (Asteraceae), *Podocarpus lambertii* (Podocarpaceae), *Ilex paraguariensis*(Aquifoliaceae), *Cedrela fissilis*(Meliaceae), *Campomanesia xanthocarpa*(Myrtaceae), *Matayba elaeagnoides* Radlk. (Sapindaceae), *Sloanea lasiocoma* K. chum. (Elaeocarpaceae), *Luehea divaricata* Mart. (Tiliaceae), *Mimosa scabrella* Benth. (Mimosaceae), *Dalbergia brasiliensis* Vogel (Fabaceae), *Jacaranda*

*puberula* Cham. E, *Tabebuia alba* (Cham.) Sandwith (Bignoniaceae). Nos estratos inferiores são comuns inúmeros representantes de Myrtaceae, notadamente dos gêneros *Myrcia*, *Eugenia*, *Calyptanthus* e *Gomidesia*, acompanhados de Flacourtiaceae (*Casearia* e *Xylosma*), Sapindaceae (*Allophylus* e *Cupania*), Rutaceae, Symplocaceae e Aquifoliaceae. Fetos arborescentes (*Dicksonia* e *Cyathea*) e gramíneas cespitosas (*Chusquea* e *Merostachys*) são frequentes.

Rode (2008), utilizando técnicas de estatística multivariada de agrupamento e discriminante, identificou na Floresta Nacional de Irati os seguintes grupos, formados pelas associações entre as espécies: **Associação com povoamento de *Araucaria angustifolia* I** (grupo 1), caracterizado pelas principais espécies pelo valor de importância: *Myrsine umbellata* Mart., *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Casearia sylvestris* Sw. e *Psychotria vellosiana* Benth.; **Associação com povoamento de *Araucaria angustifolia* II** (grupo 2): *Psychotria vellosiana*, *Myrsine umbellata*, *Alchornea triplinervia* (Spreng.) M. Arg., *Casearia sylvestris* e *Cabralea canjerana*; **Associação *Nectandra grandiflora*** (grupo 3): *Araucaria angustifolia*, *Nectandra grandiflora* Nees, *Ilex paraguariensis*, *Ocotea porosa*, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees e *Casearia decandra* Jacq; **Associação *Ocotea porosa*** (grupo 4): *Ocotea porosa*, *Araucaria angustifolia*, *Ilex paraguariensis*, *Casearia decandra* e *Nectandra grandiflora*; **Associação *Ocotea odorifera*** (grupo 5): *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer, *Araucaria angustifolia*, *Ilex paraguariensis*, *Casearia decandra* e *Nectandra grandiflora*; **Associação *Matayba elaeagnoides*** (grupo 6): *Araucaria angustifolia*, *Nectandra grandiflora*, *Ilex paraguariensis*, *Matayba elaeagnoides* e *Ocotea puberula*.

Rivera (2007) utilizando o método de análise discriminante permitiu definir cinco grupos florísticos na Reserva Florestal Embrapa/Epagri em Caçador, Santa Catarina: Grupo 1: Associação *Piptocarpha angustifolia* (Vassourão-branco); Grupo 2: Associação *Vernonia discolor* (Vassourão-preto) – *Sapium glandulatum* (Leiteiro); Grupo 3: Associação *Ocotea porosa* (Imbuia); Grupo 4: Associação *Araucaria angustifolia* (Araucária); e, Grupo 5: Associação *Matayba elaeagnoides* (Camboatá) – Canelas.

### 3.2. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

### 3.2.1. *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze

Conhecida vulgarmente como pinheiro, é uma espécie pertencente à família Araucariaceae, contrastante com as demais espécies do sul do Brasil, comumente com 10 a 35 m de altura e 50 a 120 cm de DAP, atingindo excepcionalmente 50 m de altura e 250 cm ou mais de DAP (CARVALHO, 1994).

Para Machado e Siqueira (1980) as maiores concentrações dessa espécie ocorrem nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e a região sul do estado de São Paulo possui uma área diminuta em sua forma primitiva e no sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro existiam apenas capões e árvores isoladas.

A espécie é considerada secundária longeva, porém, de temperamento pioneiro. Apresenta regeneração natural fraca em ambientes pouco perturbados. Forma todo o estrato superior da floresta em associação principalmente com os gêneros *Ilex*, *Ocotea* e *Podocarpus*, sendo uma espécie marcadora da fisionomia da vegetação (CARVALHO, 1994).

### 3.2.2. *Cedrela fissilis* Velloso

O cedro, da família Meliaceae, é uma espécie arbórea decidual de ampla dispersão no estado do Paraná, ocorrendo em praticamente todas as florestas do estado (IWASAKI-MAROCHI, 2007).

Segundo Reitz (1984), o cedro é considerado uma das principais árvores da flora brasileira, ocorrendo do Rio Grande do Sul até Minas Gerais, nas Florestas Semidecíduas, na Floresta Ombrófila Mista e em menor expressão na Floresta Ombrófila Densa da Costa Atlântica. Ocorre preferencialmente em solos úmidos e profundos, como os encontrados nos vales e planícies aluviais. Já para Carvalho (1994), a espécie ocorre desde a latitude 12°N (Costa Rica) a 33°S (Rio Grande do Sul). No Brasil o limite norte da espécie é a aproximadamente 1°S (Pará).

Carvalho (1994) destacou também que a espécie apresenta indivíduos caducifólios, normalmente com 10 a 25 m de altura e 40 a 80 cm de diâmetro, podendo chegar até a 40 m de altura e 200 cm de DAP. Apresenta tronco cilíndrico reto, com copa ampla. A espécie enquadra-se no grupo sucessional das secundárias iniciais a secundárias tardias, desenvolvendo-se no interior da floresta primária, apresentando grande agressividade na vegetação secundária.

### 3.2.3. *Ocotea porosa*(Nees & C. Mart.) Barroso

Conhecida popularmente como imbuia, é uma espécie da família Lauraceae, normalmente com 10 a 20 m de altura e 50 a 150 cm de DAP, podendo atingir até 30 metros de altura e mais de 320 cm de DAP. Apresenta tronco tortuoso, irregular, com fuste comumente curto, normalmente até 6 metros de comprimento, podendo chegar até 11 metros (CARVALHO, 1994).

Carvalho (1994) relatou, ainda, que essa espécie ocorre naturalmente desde a latitude 22°30`S a 29°50`S, desde o estado do Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul. No sul do Brasil ocorre abundantemente na Bacia do Rio Iguaçu, nos estados do Paraná e Santa Catarina, sendo relativamente rara no Rio Grande do Sul (MARCHIORI, 1997).

Segundo Carvalho (1994), esta espécie é característica e exclusiva da Floresta Ombrófila Mista Montana, onde ocupa o segundo andar do dossel, formando, às vezes, populações densas chamadas imbuiais.

### 3.3. IDADE DAS ÁRVORES

A idade de qualquer organismo vivo é o seu período de vida, considerando desde a sua origem ou surgimento até um ponto determinado no tempo.

Genericamente o estudo da idade e crescimento da árvore, das florestas, e suas implicações são tratados pela epidometria (MACKAY, 1964).



Para Silva e Paula Neto (1979), uma das mais importantes características de um povoamento florestal é sem dúvida alguma, a idade, pois, é por meio dela que o técnico florestal pode avaliar o incremento em termos de volume, diâmetro ou altura de uma dada espécie em um determinado local. A idade do povoamento também necessita ser conhecida quando se deseja construir curvas de índice de sitio e comparação das capacidades produtivas de diferentes locais.

Encinas, Silva e Pinto (2005) relataram que, na mensuração florestal, a idade de uma árvore é um parâmetro importante, especialmente quando se trata de estimar a produção florestal, seu planejamento e posterior utilização madeireira. Essencialmente ela é usada nas avaliações de crescimento e produção de um sítio e, a partir deste ponto de vista, é essencial quando se consideram os planos de manejo florestal. Como tal, a idade é utilizada como uma ferramenta para definir as práticas silviculturais e para a avaliação do crescimento presente e futuro da floresta, influenciando no planejamento da atividade madeireira sustentável ao longo do tempo.

A idade de florestas nativas é uma variável difícil de ser mensurada, devido à grande quantidade de indivíduos e espécies existentes, embora existam metodologias que podem ser utilizadas para realizar estimativas das idades das árvores nestas florestas.

Para Imaña e Encinas (2008) a possibilidade de conhecer ou estimar a idade das árvores permite, hoje em dia, uma base sólida na interpretação da ciência florestal, como da ecologia e suas implicações, sendo essenciais para determinar corretos ciclos de corte, desbaste e outras atividades silviculturais, como fazer uso sustentável, estudar a dinâmica populacional de plantas e produtividade dos ecossistemas.

Em Florestas tropicais muitos indivíduos arbóreos podem, provavelmente, alcançar idades entre 100 e 700 anos (BOTOSSO; MATTOS, 2002). Sabe-se que a árvore mais antiga do mundo, ainda de pé, é um *Pinus aristata* localizado no estado da Califórnia, EUA com uma idade estimada entre 4.200 e 4.600 anos (IMAÑA; ENCINAS, 2008).

### 3.3.1. Métodos utilizados para a estimativa da idade das árvores

Alguns autores como Encinas, Silva e Pinto (2005), Silva e Paula Neto (1979) relataram que é possível realizar a estimativa da idade das árvores pela simples observação, ou seja, é necessária uma simples análise visual em cada árvore, porém requer certa experiência do mensurador, além de um elevado grau do conhecimento sobre os ritmos de crescimento da espécie, sendo, portanto uma metodologia pouco acurada e com pouca utilidade científica.

Estes mesmos autores mencionaram, ainda, a estimativa da idade por meio da contagem de verticilos, que em algumas essências florestais podem permanecernítidos ao longo da vida de um indivíduo. Espécies de pinheiros como a *Araucaria excelsa*, relatada por Silva e Paula Neto (1979), apresentam verticilos regularmente ao longo da vida, porém proporcionao inconveniente de que as marcas mais antigas (geralmente as próximas à base da árvore) tendem a desaparecer ao longo dos anos, dificultando, assim, a mensuração correta da idade das árvores.

O método mais difundido para a estimativa da idade das árvores é por meio da análise e contagem dos anéis de crescimento. A atividade cambial da árvore vai acrescentando, ano a ano, camadas justapostas de material lenhoso, formando, assim, os chamados anéis de crescimento que são compostos de duas camadas. Este crescimento em diâmetro é mais rápido nos primeiros tempos do período vegetativo atenuando-se consideravelmente à medida que este decorre. A fração do acréscimo anual produzida para o fim da estação de crescimento, designada por “lenho de fecho ou tardio” tem geralmente cor mais escura e é, frequentemente, constituída por um maior número de células por unidade de área (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960). A outra parte, mais clara, é formada pelo acréscimo anual no início da estação e é denominada de “lenho inicial ou de primavera”. Em alguns casos são empregados meios físicos, óticos e químicos para aumentar a distinção entre essas duas camadas.

A contagem dos anéis de crescimento se torna bastante precisa com a utilização de equipamentos, como por exemplo o LINTAB, capaz de medir anéis de crescimento bastante estreitos e mensurá-los com uma precisão de 0,001 mm.

Algumas pesquisas foram desenvolvidas nas últimas décadas com o objetivo, dentre outros, de se realizar a estimativa da idade das árvores por meio da

contagem dos anéis de crescimento (análises de tronco completa e parcial) em árvores nativas da Floresta Ombrófila Mista, podendo-se destacar, os trabalhos de: Seitz e Kanninen (1988), Spathelf et al. (2000), Spathelf et al. (2001), Nutto e Watzlawick (2002), Rondon Neto (2003), Watzlawick et al. (2005), Santarosa et al. (2007), Iwasaki-Marochi (2007), Rivera (2007), Mattos et al. (2007a), Mattos et al. (2007b), Lisi (2009), Oliveira e Mattos (2010), Spathelf et al. (2010), Mattos et al. (2010) entre outros.

### 3.4. DINÂMICA DA FLORESTA

Para Mendonça (2003), os processos que regem a dinâmica de uma floresta, são conhecidos como crescimento, ingresso e mortalidade, e têm grande importância, visto que o estudo destes parâmetros indica o crescimento e as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura. Portanto, a predição confiável destes processos, ressaltando-se o crescimento e a produção, torna-se imprescindível para a adoção de tratamentos e medidas silviculturais mais adequadas para o manejo da floresta sob regime de rendimento sustentado.

As estimativas desses parâmetros são obtidas, principalmente, por meio de inventário florestal contínuo com parcelas permanentes, por períodos curtos ou longos. Assim, o estudo do crescimento pode permitir o entendimento dos processos por meio dos quais ocorrem as mudanças, em níveis de espécies e povoamentos.

Os fatores diretamente relacionados com o desenvolvimento de distribuições diamétricas são as taxas de ingresso, crescimento e mortalidade, isto é, as mudanças em número de novos indivíduos do povoamento, incremento do diâmetro e perdas por mortalidade (SANQUETTA et al., 2001).

Modelos, usados na predição do crescimento da floresta, são tipicamente compostos por equações, que descrevem os componentes do crescimento (crescimento sobrevivente, mortalidade, colheita e ingresso) individualmente, e então, em combinação, fornecem uma base para predição do crescimento total do povoamento (AZEVEDO et al., 1995).

O ingresso, a mortalidade e o incremento em diâmetro estão entre os poucos parâmetros que podem ser utilizados na predição do desenvolvimento de uma floresta nativa (FERREIRA, 1997).

#### 3.4.1. Crescimento

O ingresso e a mortalidade, quando tomados por classes diamétricas, podem ser estudados com o uso de parcelas permanentes monitoradas por períodos longos e curtos. Os crescimentos em diâmetro e em área transversal podem ser estudados por meio de análise de tronco, além de parcelas permanentes.

De acordo com Vanclay (1994) e Prodanet al. (1997), entende-se por crescimento o aumento de dimensões de um ou mais indivíduos em uma floresta em um determinado período de tempo. Tais dimensões podem ser o diâmetro, a altura, o volume, a biomassa, a área basal, etc. Já a produção refere-se às dimensões finais ao término de determinado período.

Segundo Huschet al. (1982), o crescimento das árvores é influenciado pelas características da espécie interagindo com o ambiente. Para Prodanet al. (1997), as influências ambientais incluem fatores climáticos (temperatura, vento, precipitação e insolação), fatores pedológicos (características físicas e químicas, umidade e microrganismos), características topográficas (inclinação, elevação e aspecto) e competição (influência de outras árvores, sub-bosque e animais), sendo que a soma destes fatores exprime o conceito de qualidade de sítio.

### 3.5. MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO

#### 3.5.1. Modelagem do crescimento e produção em função da idade

Os resultados de estudos sobre crescimento (em altura, diâmetro, área transversal e volume) e produção em função da idade, são amplamente empregados

em plantios homogêneos e equiâneos, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

Em árvores de florestas nativas, a carência de dados para este tipo de modelagem impossibilita o desenvolvimento de ferramentas que muito podem contribuir para o entendimento do crescimento das árvores. A técnica de análise de tronco (principalmente a parcial, em que não é necessário derrubar a árvore) pode recompor o crescimento dos indivíduos de maneira rápida e precisa (SPATHELF et al., 2001), fornecendo assim um banco de dados passível de ser modelado.

No sul do Brasil, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, alguns pesquisadores têm modelado o crescimento e a produção em função da idade usando dados de ANATRO, como por exemplo, Finger et al. (2003), que realizaram uma avaliação do crescimento de *Astronium balansae* no município de São Sepé. O estudo visou avaliar o potencial de crescimento da espécie ao longo dos anos, empregando para este fim a análise de tronco completa, sendo que os modelos apresentaram coeficiente de determinação maiores que 99% e erro padrão da estimativa bastante baixos.

Neste sentido, Tonini et al. (2003) estudaram e modelaram o incremento em diâmetro e em volume comercial de *Nectandra megapotamica* no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, sendo que para isso foram utilizados dados de quatro fatias em cada uma das duas árvores nativas amostradas. A idade das árvores foi de 48 e 52 anos, e os ajustes das equações de crescimento e produção para cada árvore obtiveram excelentes resultados, com  $R^2$  variando de 0,95 a 0,99 para as duas variáveis analisadas.

Também Schneider et al. (2006) estudaram o crescimento em volume comercial, o incremento corrente anual em porcentagem e a evolução do fator de forma comercial para quatro indivíduos de *Cordia trichotoma* localizadas no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. Com os dados de incremento, ajustaram-se três modelos de crescimento e produção para o volume e para o diâmetro. O coeficiente de determinação ajustado para o volume variou de 0,80 a 0,95 e para o diâmetro de 0,96 a 0,99, com o melhor desempenho para o modelo de Backmann.

No mesmo sentido, Schneider et al. (2000) modelaram o crescimento em diâmetro em função da idade de árvores de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) plantadas no ano de 1978 no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. Os anéis de crescimento oriundos de discos de três árvores foram medidos com auxílio do equipamento Lintab II. Na modelagem em função da idade, as estatísticas variaram de 0,996 a 0,997 para o  $R^2$  e 0,03 a 0,31 para o erro (Syx), sendo a equação de Backmann a que apresentou os melhores resultados.

Por outro lado, Scheeren et al. (2003) avaliaram e modelaram o crescimento em diâmetro em função da idade de duas árvores de *Ocotea pulchella* (canelalageana) localizadas em Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. Foram coletadas fatias das árvores na altura do DAP e os anéis de crescimento foram mensurados com auxílio do equipamento Lintab. Foram então, ajustados três modelos para estimar o crescimento e a produção em função da idade. O  $R^2$  variou de 0,74 a 0,84 e o coeficiente de variação variou de 20,2 a 20,6%, sendo que a equação quadrática foi a que apresentou os melhores resultados.

### 3.5.2. Modelagem do incremento em diâmetro em função do diâmetro inicial

Para Zeide (1989), a modelagem do crescimento de árvores geralmente é relacionada com seus DAPs, devido à facilidade de medição do diâmetro, a sua sensibilidade em relação às mudanças ambientais e densidade do povoamento e o fato de ser fortemente relacionado com o tamanho da copa, massa da árvore ou volume do tronco. Já para Alder (1995), nas florestas tropicais, o incremento diamétrico pode ser predito empiricamente a partir do DAP da árvore ou da área basal, situação de competição da árvore ou povoamento e variáveis contínuas ou categóricas do sítio.

A predição do crescimento e da produção de povoamentos manejados e não-manejados é essencial para a credibilidade de um plano de manejo sustentável, tendo em vista que as decisões de manejo são tomadas com base na taxa de

crescimento e na produção que esses povoamentos podem alcançar de acordo com essa mesma taxa (FERREIRA, 1997).

Neste contexto, algumas pesquisas sobre a modelagem do incremento em função do diâmetro, têm sido realizadas em vários países sendo que na maioria dos trabalhos, os autores obtiveram nos ajustes dos modelos, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) baixos e erros padrões de estimativa altos.

Vanclay (1991) desenvolveu uma função de incremento corrente anual do DAP com seis coeficientes usando o DAP, qualidade de sítio, área basal e um índice de competição. O referido autor também testou vários critérios de agrupamento de 237 espécies da floresta de Queensland, Austrália, concluindo que o agrupamento produz equações mais robustas do que quando usando espécies individuais, embora o valor do  $R^2$  para ambos seja baixo (em torno de 0,50).

Leech et al. (1991) consideraram um ajuste alternativo para agregar espécies para o desenvolvimento de equações polinomiais de volume usando  $T^2$  de Hotelling e análise de componentes principais. O resultado não foi muito consistente, pois esta metodologia somente deveria ser utilizada quando a ordem do polinômio e o sinal do termo de maior ordem são as mesmas.

Condit et al. (1993) efetuaram um estudo de crescimento diamétrico em 50 hectares de espécies de rápido crescimento em uma floresta no Panamá. Para as 28 espécies estudadas, o ajuste de um modelo polinomial do segundo grau resultou em um coeficiente de determinação variando de 0,001 a 0,985, e dentre os 56 conjuntos de dados, apenas dez tiveram ajustes ( $R^2$ ) maiores que 0,70, refletindo a variação do crescimento nas classes de DAP.

Chai e Lemay (1993) desenvolveram um modelo para estimar o incremento diamétrico médio anual para as florestas de Sarawak, Malásia, utilizando as variáveis independentes DAP,  $DAP^2$ , índice de competição, idade desde a exploração, área basal, número de árvores, DAP médio quadrático ( $d_g$ ) e posição da copa. Para os vários conjuntos de dados testados, os ajustes ( $R^2_{aj}$ ) variaram de 0,08 a 0,48, sendo que a modelagem por espécie causou uma redução de 11,2% no erro padrão da estimativa quando comparado com o grupo de espécies.

Spathelf e Durlo (2001) empregaram um modelo polinomial de segundo grau para ajustar o incremento diamétrico médio anual com o centro de classe como

variável independente em floresta secundária subtropical no estado do Rio Grande do Sul. O coeficiente de determinação obtido foi de 0,23, sendo o baixo valor atribuído à alta variação de incremento nas duas classes de menor tamanho.

Palahí et al.(2003) usaram um modelo de incremento diamétrico médio anual para a modelagem de crescimento de árvores de *Pinus sylvestris* na Espanha usando o DAP, um índice de competição, índice de sítio, área basal e idade do povoamento. O  $R^2$  obtido foi de 0,24 com erro padrão da estimativa de 64,1%.

Palahí e Grau (2003) empregaram o DAP, índice de competição e idade do povoamento, para estimar o incremento diamétrico médio anual de *Pinus nigra* no norte da Espanha, obtendo  $R^2$  de 0,14 e erro padrão da estimativa de 67,7%, usando dados de incremento com intervalo de medição de cinco anos.

Phillips et al. (2004) aplicaram um modelo de incremento diamétrico individual na floresta amazônica brasileira, o qual tinha como variáveis independentes o DAP e um índice de competição, gerando ajustes ( $R^2$ ) entre 0,033 e 0,186, conforme o grupo de espécies.

Liang et al.(2005) usaram um modelo de incremento médio diamétrico em função do DAP, área basal e índice de sítio como variáveis independentes para florestas mistas de coníferas na Califórnia, obtendo um  $R^2$  de 0,25 para coníferas e 0,04 para folhosas.

Nebel e Meilby (2005) usaram uma equação para modelar o incremento diamétrico para oito espécies na Amazônia peruana empregando como variáveis independentes o DAP e um índice de competição. Para o modelo testado o coeficiente de determinação variou de 0,13 a 0,45 para as espécies estudadas, sendo que para uma delas não houve ajuste do modelo.

Namaalwa et al. (2005) desenvolveram um modelo de crescimento periódico anual para as florestas áridas de Uganda que tinha como variáveis independentes o DAP, a área basal e a porcentagem da área basal pertencente a cada estrato da floresta. O  $R^2$  variou de 0,03 a 0,08 de acordo com o estrato da floresta em análise.

Rossi (2007) utilizou modelos lineares e não lineares para realizar a modelagem do incrementoem uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, estado do Paraná, utilizando dados de incremento periódicos anuais de intervalos de medição de 1 a 4 anos sendo realizados ajustes para todas as



espécies da floresta e somente para a araucária, alcançando valores de  $R^2$  de 0,5 a 0,8 e Syx% de 8 a 40% usando dados de medições de parcelas permanentes de 1995 a 2000. Os dados de um ou dois anos de intervalo obtiveram os melhores ajustes, o que pode ser atribuído a um mesmo padrão de crescimento apresentado pela floresta (1996-1997) ou (1997-1999) por exemplo, justificando assim o melhor desempenho da modelagem.

Stepka (2008) modelou o incrementoperiódico anual em diâmetro em função do diâmetro inicial para a araucária e para as demais espécies, com dados obtidos de medições em parcelas permanentes instaladas na FLONA de Irati, estado do Paraná, encontrando coeficientes de determinação ajustados variando de 0,0404 a 0,1194 e erro padrão variando de 65,3 e 68,1% para a araucária. Para as demais espécies o  $R^2$  ajustado variou de 0,0369 a 0,0468 e o erro padrão ficou entre 58,7 a 93,2%.

### 3.6. ANÁLISE DE TRONCO

O conhecimento do crescimento passado de uma árvore pode ser obtido por análise de tronco, técnica que permite verificar como uma árvore cresce, em altura e diâmetro, e como ela muda de forma à medida que aumenta em volume (CAMPOS; LEITE, 2006)

Para Finger (2006) a análise de tronco é um método retrospectivo para determinação do crescimento da árvore que permite determinar as curvas de crescimento da altura, volume, etc. sobre a idade, bem como estudos cronológicos pela datação dos anéis anuais de crescimento, com aplicações na Dendroecologia e Dendroclimatologia.

A análise de tronco (ANATRO) é uma técnica que possibilita "o registro do crescimento passado de uma árvore" (HUSCH et al., 1982), mediante a contagem e medição dos anéis de crescimento de seções transversais tomadas a diversas alturas no tronco. Segundo Finger (2006), a vantagem do método está na rapidez, boa precisão e baixo custo para a obtenção dos dados. Entretanto, limita-se a

quantificar o crescimento da árvore-amostra sem poder inferir sob as condições de densidade do povoamento nas diversas fases do crescimento.

Nagel e Athari (1982) consideram a análise de tronco uma importante fonte de dados para as seguintes linhas de pesquisa: a) investigação sobre a reação do crescimento em relação a fatores ambientais (bióticos, abióticos) e ao manejo do povoamento (adubação, poda, desbaste); b) avaliação das alterações de forma das árvores em função dos fatores mencionados no item (a); c) sincronização das medidas dos anéis de crescimento e determinação do número de anéis ausentes como indicadores do grau de danos sofridos pelas árvores; d) elaboração de modelos de produção (ROSOT et al., 2003).

Segundo Encinas, Silva e Pinto, (2005) este método adquire importância, uma vez que em qualquer época pode-se reconstruir o passado de uma árvore, sintetizando seu comportamento desde o estágio juvenil até o momento em que é realizada a análise. Esses autores relataram, também, que a produção florestal de um determinado povoamento ou floresta nativa é estimada a partir do estudo do crescimento das árvores individuais ou da floresta como um todo. Em geral, este tipo de estudo é realizado por meio de inventários florestais contínuos realizados em parcelas permanentes, em intervalos de tempo pré-determinados (normalmente de 3, 5 ou 10 anos).

Existem dois métodos de análise de tronco: análise de tronco completa ou total e análise de tronco parcial, que apresenta a vantagem de poder ser realizada em maior número de árvores sem que seja necessário derrubá-las (SILVA; PAULA NETO, 1979).

### 3.6.1. Análise de Tronco Completa (ATC)

Para a análise completa de tronco, a árvore é abatida, sendo retirado um determinado número de fatias ao longo do tronco. Nessas fatias (discos) são realizadas a contagem e medição dos anéis de crescimento anuais, a fim de avaliar, além da idade da árvore, o crescimento em volume, a área basal, diâmetro e altura (FINGER, 2006).

Segundo Silva e Paula Neto (1979), o método da análise de tronco total, permite traçar o perfil longitudinal da árvore, o que praticamente reconstitui seu desenvolvimento passado.

Encinas, Silva e Pinto(2005) relataram que a análise de tronco completa aparece como uma alternativa para a avaliação da capacidade produtiva de um sítio, pois em qualquer época pode-se reconstituir plenamente o desenvolvimento de uma árvore em termos de crescimentos passados, desde sua fase jovem até a idade da análise, para tal a árvore deve ser derrubada.

Sempre que possível, deve-se preferir a utilização da técnica da análise completa de tronco, pois pode-se observar com maior nitidez e precisão os anéis em toda a circunferência do disco, facilitando assim sua visualização e a eliminação de possíveis anéis de crescimento falsos ou ausentes. Porém, quando se trabalha com espécies nativas, principalmente na região sul do Brasil, existe certa dificuldade na obtenção de licenças para o abate das árvores em que se deseja realizar a análise de tronco completa.

Segundo Rosot et al. (2003), o procedimento da análise de tronco completa, no entanto, é um tanto laborioso, em primeiro lugar pelo trabalho de campo propriamente dito, que envolve a derrubada das árvores, a marcação e o seccionamento das fatias. Em seguida é necessário transportá-las ao laboratório, onde serão secadas e, depois, lixadas para facilitar a visualização dos anéis. Na última etapa são efetuadas, sobre cada fatia, a marcação e a medição de raios, cujas médias constituem o conjunto de dados gerador de todas as demais informações obtidas na análise de tronco.

### 3.6.2. Análise de Tronco Parcial (ATP)

Na análise de tronco parcial a árvore não necessita ser derrubada; no entanto, requer um maior número de árvores para compensar os possíveis erros de medição que possam existir. A leitura dos anéis de crescimento se dá em amostras cilíndricas de madeira retiradas à altura do DAP (a 1,30 metros de altura), por meio de Trado de incremento ou Trado de Pressler. As amostras devem ser

aconditionadas em recipientes apropriados para evitar que ressequem e quebrem (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

Para a determinação do Incremento Periódico Anual (IPA) Stokes e Smiley (1968) recomendaram que, em primeiro lugar, o trado de incremento deve chegar até a medula, que não é necessariamente o centro geométrico da árvore, evitando a queda da casca e identificando em um envelope o material coletado.

Schweingruber (1983) indicou que as características macroscópicas de uma sequência de anéis são de fundamental importância para a análise de uma série histórica de crescimento obtida pela medição dos anéis de crescimento, já que por meio deles é possível obter informação da idade e de muitas outras condições de uma árvore. Além disso, este autor mencionou que as mais importantes características são a largura do anel de crescimento, a largura do lenho tardio, as variações da densidade, os tecidos calosos e os tecidos saudáveis.

Já Stokes e Smiley (1968) ressaltaram que, para a datação, é necessário que apenas um anel seja gerado por cada estação de crescimento, sendo este o motivo do termo “anel anual”, devendo-se descartar aquelas espécies que geram mais de um anel por ano. Embora o crescimento estacional total seja o resultado da interação de muitos fatores ambientais e genéticos, apenas um fator ambiental é geralmente o que domina como limitante do crescimento. A variação ano a ano deste fator climático se reflete na largura dos anéis, porém esta largura não necessariamente é diretamente proporcional às mudanças experimentadas por esse fator limitante.

No entanto, alguns distúrbios climáticos, antrópicos ou ecológicos sofridos pela planta em algum período do ano, podem ocasionar certo “stress” em seu crescimento o que, por sua vez, pode gerar um anel de crescimento falso. Muitas vezes devido ao fato do crescimento ser bastante lento em algumas espécies, e quando não se dispõe de instrumentos precisos para visualizar as diferentes camadas do lenho, alguns anéis deixam de ser mensurados tornando-os, ausentes nas series cronológicas. Desta forma, o processo de datação cruzada garante a eliminação ou a redução destes anéis ausentes e falsos.

### 3.7. DENDROCRONOLOGIA

A presença de anéis de crescimento nas árvores tem sido observada há muitos anos, havendo relatos de que na Grécia antiga já haviam sido feitas algumas observações. Leonardo da Vinci, no século XVI, reconheceu em árvores de *Pinus*, na Toscana, Itália, a relação entre os anéis de crescimento e o clima, relatando que os anéis de crescimento mostravam o número de anos das árvores e, de acordo com a sua espessura, os anos mais ou menos secos, sendo que os anéis eram mais espessos na região norte do que no sul do país. No entanto, considera-se que a dendrocronologia, como ciência, teve seu início na Alemanha, com trabalhos de Theodor e Robert Hartig, em meados do século XIX, de Bruno Huber, em meados do século XX, e nos EUA com Andrew E. Douglas, a partir do início do século XX (FRITTS, 1976).

Durante muitos anos, estudos com anéis de crescimento ficaram restritos a locais com clima temperado pois, nessas regiões, a presença de uma estação desfavorável ao crescimento bem definida, produz, habitualmente, a formação dos anéis de crescimento da árvore. A cada ano, devido ao crescimento cambial, é acrescentado um novo anel ao tronco, razão por que são também denominados anéis anuais, cuja contagem permite conhecer a idade do indivíduo (BURGER; RICHTER, 1991).

Algumas pesquisas realizadas demonstraram a presença de anéis de crescimento em espécies tropicais (WORBES, 1995; WORBES, 1999) constatando-se que, de maneira geral, o fator limitante do crescimento para a formação dos anéis nas regiões tropicais é a sazonalidade na distribuição das chuvas, enquanto que nas regiões temperadas o crescimento é limitado pela temperatura.

Neste contexto, alguns estudos têm sido realizados ao longo do tempo em florestas tropicais em várias regiões do planeta podendo-se destacar na América do Sul, dentre outros, os trabalhos realizados por Vetter e Botosso (1988), Roig (1989), Roig e Boninsegna (1991), Worbes (1995), Devall et al. (1995), Worbes (1999), Mattos (1999), Roig (2000), Spathelf et al. (2001), Roig et al. (2001), Botosso e Tomazello Filho (2001), Medeiros (2005), López et al. (2006), Mattos et al. (2007a), Mattos et al. (2007b), Oliveira (2007), Lisi (2009), Alvarado (2009), Chagas (2009),

Spathelf et al. (2010), Mattos et al. (2010), López e Villalba (2011), Andreacci (2012), entre outros.

Nas regiões com clima subtropical, como por exemplo, na região sul do Brasil, algumas pesquisas têm sido realizadas na área de dendrocronologia. Um estudo pioneiro foi realizado por Seitz e Kanninen (1988) na estação experimental da Universidade Federal do Paraná em São João do Triunfo, estado do Paraná. Nessa pesquisa foram coletados discos na altura de dois metros de 10 árvores de *Araucaria angustifolia*, sendo possível estimar a idade média das árvores que foi de 65 anos variando entre 55 a 90 anos à altura de 2 m, com um DAP médio de 30,1 cm. Em cada disco foram medidos oito raios com intervalos de 45° entre eles.

No decorrer dos anos, algumas pesquisas foram conduzidas usando dados de anéis de crescimento na região sul do Brasil ou onde compreende o ecossistema Floresta Ombrófila Mista. Spathelf et al. (2000) realizaram uma análise dendroecológica de *Ocotea pulchella* localizadas no município de Itaára, estado do Rio Grande do Sul. Foram coletadas amostras destrutivas (discos) de cinco árvores do estrato médio e superior da floresta. Foi realizada a correlação da média dos quatro raios com cada raio para averiguar a semelhança entre eles. Em relação ao incremento diamétrico, obteve-se uma média anual de 0,44 e 0,28 cm para as árvores do estrato superior e médio, respectivamente. Entre todos os raios obteve-se correlação positiva de 0,032 a 0,84. Em relação à cronologia, observou-se um aumento do incremento até o ano de 1975, em seguida uma diminuição até 1987. Isto demonstrou uma considerável variação do crescimento das árvores ao longo dos anos, e também entre os raios da mesma árvore.

Spathelf et al. (2001) procederam a uma análise do crescimento de quatro espécies da Floresta Ombrófila Mista/Estacional Decidual (*Ilex brevicuspis*, *Erythroxylum deciduum*, *Cytharexylum montevidense* e *Rapanea ferruginea*) no município de Itaára, estado do Rio Grande do Sul. Foram coletadas amostras destrutivas de um indivíduo dominante de cada espécie estudada, demonstrando haver viabilidade do emprego da técnica de análise de tronco para o estudo de crescimento das quatro espécies consideradas.

Watzlawick et al. (2005) realizaram uma análise retrospectiva do crescimento de quatro árvores nativas de *Myrsine umbellata* (Capororoca) no município de

General Carneiro, estado do Paraná. Os indivíduos foram amostrados de forma destrutiva e apresentavam dimensões inferiores às espécies dominantes da parcela (bracatinga e araucária). Os autores concluíram que a análise retrospectiva permitiu avaliar o potencial de crescimento da espécie considerada sem a necessidade de observações em parcelas permanentes em longo prazo, sendo a *Myrsine umbellata* uma espécie que apresenta anéis de crescimento que permitem análise dendroecológica.

Santarosa et al. (2007) avaliaram a sazonalidade do crescimento da *Araucaria angustifolia* no município de São Francisco de Paula, estado do Rio Grande do Sul. Concluíram que os 12 indivíduos amostrados formaram dois anéis por ano, indicando a sazonalidade na formação dos anéis de crescimento. Ainda foi possível determinar o padrão interanual da atividade cambial, ou seja, durante os meses de primavera e verão ocorreu a formação de lenho inicial, enquanto nos meses de outono e inverno ocorreu a formação de lenho tardio. Uma vez que neste local a precipitação é bastante regular durante todo o ano, as variações anuais de temperatura explicam o padrão observado.

Mattos et al. (2007a) estudaram o potencial dendrocronológico de seis espécies nativas da Floresta Ombrófila Mista (*Araucaria angustifolia*, *Clethra scabra*, *Cedrela lilloi*, *Ocotea porosa*, *Podocarpus lambertii* e *Sebastiania commersoniana*) no município de Candió, estado do Paraná. As amostras (dois a quatro discos por espécie) com diâmetro entre 14 a 40 cm tinham uma idade média de 60 anos, variando de 16 a 122 anos. O incremento médio foi de 0,6 cm por ano, variando de 0,2 a 1,4 cm por ano. Apesar de se tratar de número reduzido de amostras por espécie, foi possível observar que as árvores apresentavam um crescimento pouco sensível às condições ambientais locais.

Mattos et al. (2007b) estudaram o crescimento em diâmetro dos últimos 10 anos de 32 árvores de *Araucaria angustifolia* no município de Caçador, estado de Santa Catarina, usando amostras não destrutivas. As árvores apresentaram um DAP médio de 76,3 cm e as amostras (bolos de incremento) tinham em média 11,6 cm variando de 2,6 a 20,2 cm, com espessura média da casca de 3,1 cm. Neste estudo, os registros de crescimento recuperados pelas medições dos anéis de crescimento,

em todas as classes diamétricas, revelaram ritmos de crescimento distintos para diferentes indivíduos.

Nutto e Watzlawick (2002) avaliaram o potencial dendroecológico de dois indivíduos de cada uma das espécies *Zanthoxylum rhoifolia* (mamica de cadela) e *Zanthoxylum hyemale* (coentrinho) no município de São Martinho da Serra, estado do Rio Grande do Sul. Foram avaliados alguns índices como a fórmula de Deusen (1987) e o teste de superposição de Schweingruber (1983). Destacaram que as duas espécies reagem aos mesmos fatores ambientais, por apresentarem 82% das curvas superposicionadas, sendo também possível localizar anos indicadores de crescimento lento e alto.

Lisi (2009) realizou uma pesquisa a fim de verificar quais espécies, das 15 analisadas, apresentam camadas de crescimento distintas no lenho e, assim, selecionar as espécies com maior potencial para estudos dendrocronológicos. *Araucaria angustifolia* estava entre as espécies estudadas, localizada no Parque Nacional de Itatiaia estado do Rio de Janeiro, onde se realizou a coleta de 10 amostras da espécie em dois locais distintos dentro do parque. Os valores de crescimento diamétrico das árvores variaram de 0,13 a 4,72 mm/ano, com média de 1,78 mm/ano. Verificou-se que as araucárias estudadas apresentaram diferentes idades, desde 64 até 308 anos. Também foi verificada uma intercorrelação dos anéis de crescimento de 28% em média para a araucária.

Oliveira e Mattos (2010) avaliaram o crescimento de 10 indivíduos de *Drimys brasiliensis* localizadas no município de Colombo, estado do Paraná. O incremento médio anual em diâmetro sem casca foi de 0,32 cm variando de 0,26 a 0,39 e idade entre 32 a 61 anos com DAP variando de 9,4 a 34,7 cm. Em relação à área transversal, o crescimento médio foi de 0,01m<sup>2</sup> por ano.

Spathelf et al. (2010) realizaram um estudo dendrocronológico nas espécies *Ocotea pulchella* e *Nectandra megapotamica* em dois sítios próximos a Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. Os dados de incremento foram indexados onde a largura de cada anel foi dividido pela média da série para se obter os índices de crescimento. Os dados foram correlacionados com fatores climáticos e os dados de cada série foram correlacionados entre si. Neste local, observou-se



uma maior homogeneidade no crescimento e também a possibilidade de reconstruções climáticas a partir dos dados de crescimento.

Mattos et al. (2010) estudaram o crescimento passado de seis espécies nativas da Floresta Ombrófila Mista (*Araucaria angustifolia*, *Ocotea porosa*, *Ilex paraguariensis*, *Cedrela fissilis*, *Ocotea puberula* e *Ocotea pulchella*), presentes na Reserva Florestal EMBRAPA/EPAGRI (Caçador, estado de Santa Catarina) a partir da análise dos anéis de crescimento. O número de amostras de cada espécie variou de 6 a 10. Foram comparados os crescimentos médios de cada espécie por classe de diâmetro de 20 cm de amplitude, médio individual e médio por década do período 1917 a 2006, utilizando, para isso, a análise de variância e o teste Tukey a 1%. Concluíram que houve diferença no crescimento médio das classes diamétricas de *Ocotea porosa*, *Cedrela fissilis*, *Ocotea puberula* e *Ocotea pulchella*.

Andreacci (2012) avaliou os aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos da atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de Floresta Ombrófila Mista e Densa no estado do Paraná. Concluiu que a espécie apresenta potencial para estudos dendrocronológicos, mas alguns cuidados devem ser tomados no método de amostragem dos indivíduos. Também conclui que sinais climáticos podem ser observados nas séries temporais de crescimento, fazendo desta uma espécie potencial para estudos dendroecológicos e dendroclimatológicos.

### 3.7.1. Indicadores ambientais

Segundo Rondon Neto (2003), as árvores mostram uma reação às variáveis ambientais (temperatura, precipitação, etc.), que afetam seus inúmeros processos fisiológicos (respiração, fluxo de seiva, transpiração, etc.), refletindo na atividade cambial e na formação dos anéis de crescimento. Dessa forma, para Fritts (1976), as variações ambientais que afetam o crescimento das árvores ficam registradas em seus anéis de crescimento, expressando os eventos ocorridos no passado e no ano corrente. Esses mesmos autores relataram que, pela dendrocronologia, é possível determinar a idade e a taxa de crescimento das árvores e o efeito das variações

ecológicas sejam naturais ou antropogênicas. Trata-se de uma excepcional ferramenta que pode ser utilizada como indicador ambiental em ecossistemas tropicais. Enquanto nas florestas de clima temperado os anéis de crescimento têm sido utilizados como indicadores ambientais, em florestas tropicais as pesquisas iniciaram-se há poucas décadas. No entanto, a dendrocronologia deve, como ciência, atender a uma série de princípios fundamentais e se relacionar com outras ciências para a ampliação das espécies potenciais e possibilitar a aplicação dos anéis de crescimento como indicadores ambientais.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As árvores foram amostradas em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista com elevado grau de conservação, onde já existiam parcelas permanentes instaladas e que já vêm sendo monitoradas há alguns anos. A escolha desses locais facilitou sobremaneira os trabalhos de campo, principalmente no que diz respeito à localização das árvores-amostra. A localização das áreas de estudo nos estados do sul do Brasil pode ser observada na FIGURA 1.

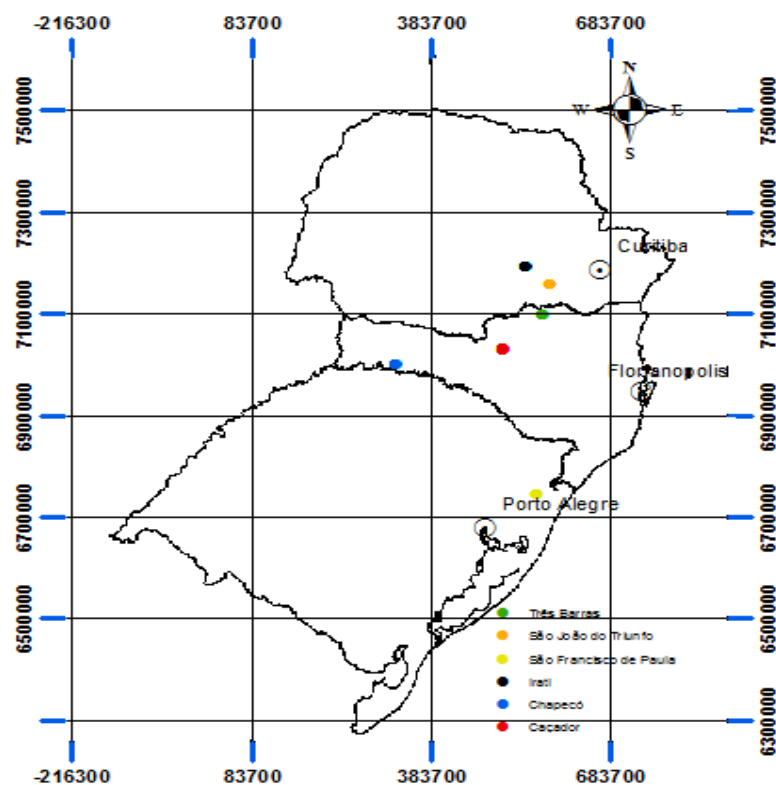


FIGURA 1 - LOCAIS DO SUL DO BRASIL ONDE FORAM COLETADAS AS AMOSTRAS POSICIONADOS EM COORDENADAS UTM, DATUM SAD 1969.

#### 4.1.1. Floresta Nacional de Irati, no estado do Paraná

A Floresta Nacional de Irati (FLONA) é uma unidade de conservação do Instituto Chico Mendes, com características excepcionais para a realização de estudos ecológicos do ecossistema Floresta Ombrófila Mista (FOM). Esta FLONA está situada no segundo planalto paranaense, no âmbito dos municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, integrantes da microrregião Colonial de Irati. A Flona está localizada entre a margem direita do rio das Antas e esquerda do rio Imbituva, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Tibagi, a uma altitude média de 820 metros acima do nível do mar, com relevo suave ondulado (MAZZA et al., 2005). Segundo a classificação climática de Köppen, a região onde a floresta está situada apresenta clima do tipo Cfb com geadas frequentes no inverno, com temperatura média anual de 17° C e precipitação média anual de 2300 mm. A classe Latossolo Vermelho Distrófico típico álico é o solo de maior representatividade na Flona de Irati, com 37,80%, em relação à área total.

A FLONA de Irati situa-se a aproximadamente 150 km a oeste de Curitiba, capital do estado. Criada em 1942, com área de 3.495 hectares, a FLONA possui 36% de sua área (1.272,9 hectares) coberta por floresta nativa com predominância de araucária e com o sub-bosque rico em espécies folhosas como canelas, imbuías, angico, entre outras. Trata-se de uma área protegida por mais de 70 anos, sem similar na região (DISPERATI; OLIVEIRA FILHO, 2006).

Nos anos de 2000/2001 25 parcelas permanentes de 1 ha foram instaladas, sob coordenação do Professor Afonso Figueiredo Filho, do Departamento de Engenharia Florestal da UNICENTRO, na área com Floresta Ombrófila Mista (1.272,9 ha) da Floresta Nacional de Irati. Uma das finalidades dessas parcelas é promover estudos da dinâmica desse ecossistema. As parcelas foram instaladas com auxílio de teodolito e divididas em 25 blocos de 1,0 ha (100 m x 100 m). Cada bloco foi subdividido em quatro parcelas de 0,25 ha (50 m x 50 m) e, finalmente, para facilitar a numeração e o mapeamento das árvores (distâncias X, Y), cada parcela foi subdividida em cinco faixas de controle de 10 m x 50 m (0,05 ha). Todas as árvores com DAP igual ou superior a 10 cm encontradas no interior das parcelas foram medidas e identificadas (FIGUEIREDO FILHO et al., 2010).

Na FIGURA 2 pode ser observada a disposição das parcelas na Floresta Nacional de Irati e a localização das árvores amostradas.

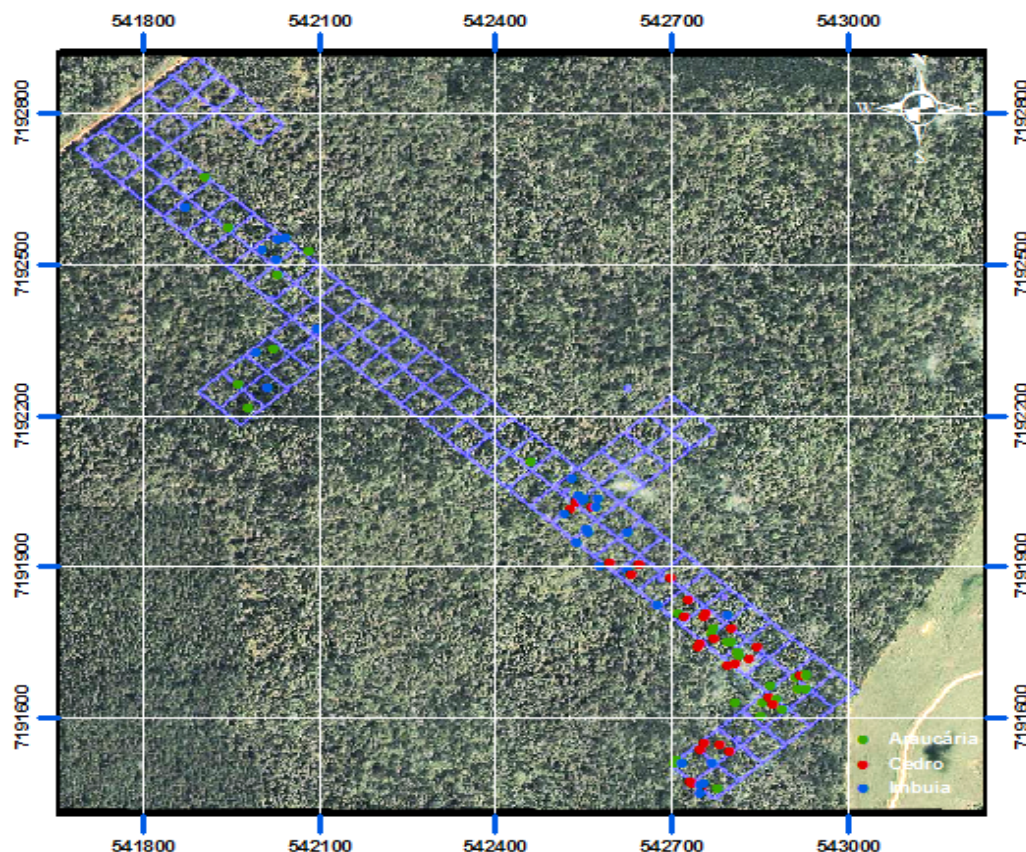


FIGURA 2 -LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES E DAS ÁRVORES AMOSTRADAS NA ÁREA DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA DA FLONA DE IRATI.  
FONTE - Adaptado de STEPKA (2008) e LISBOA (2009).

#### 4.1.2. Estação experimental de São João do Triunfo, no estado do Paraná

A Estação Experimental de São João do Triunfo, pertencente à Universidade Federal do Paraná, está localizada a 125 km de Curitiba, no município de São João do Triunfo, estado do Paraná, no Segundo Planalto Paranaense a 780 m, nas coordenadas geográficas 25°34'18" S e 50°05'56" W (SCHAAF, 2001).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região onde se localiza a área de estudo apresenta clima do tipo Cfb, com temperaturas médias anuais entre 14°C e 19°C e precipitação anual entre 1.250 e 2.000 mm.

Segundo Longhi (1980), baseado num levantamento realizado na área, o solo predominante na floresta é do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico (baixa

saturação de bases, ou seja, baixa fertilidade natural), sendo encontrado também, em pequena proporção, solo do tipo Cambissolo distrófico álico.

Na sua totalidade, a área experimental é composta por 32 ha, tendo sido instaladas 8 parcelas permanentes de 1,0 hectare cada na área da estação experimental, sob coordenação dos professores Carlos Roberto Sanquetta e Afonso Figueiredo Filho e, onde todas as árvores com DAP maior ou igual a 10 cm foram medidas, identificas e posicionadas em um sistema cartesiano XY.

Na FIGURA 3, observa-se a localização da área e a distribuição dos indivíduos em 8 parcelas do experimento da Estação experimental de São João do Triunfo.

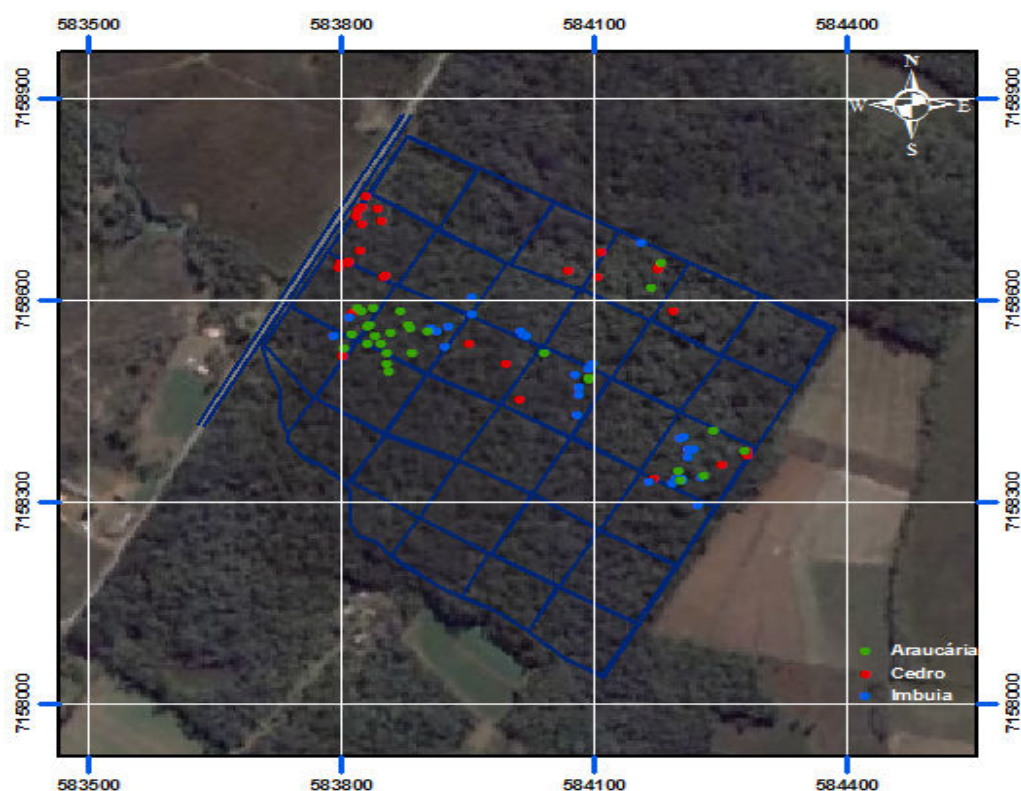


FIGURA3 -LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE SÃO JOÃO DO TRIUNFO.

FONTE - Imagem do Google Earth – 2010 adaptada pelo autor.

#### 4.1.3. Floresta Nacional de Três Barras, no estado de Santa Catarina



A FLONA de Três Barras foi criada em 3 de outubro de 1944 pelo Instituto Nacional do Pinho como Parque Florestal Joaquim Fiúsa Ramos e tinha como objetivo reflorestar áreas degradadas pela intensa exploração madeireira na região.

Está situada no município de Três Barras, no estado de Santa Catarina e conta com uma área de 4.458 hectares. É um dos poucos remanescentes de floresta nativa bastante preservada. Representada principalmente por *Araucaria angustifolia*, com razoável quantidade de árvores de grande porte, constitui um patrimônio incalculável. Abriga espécies como imbuia, cedro, cambará, canela-imbuia, erva-mate, tarumã, pau-andrade, juvevê e ipê-amarelo. É a maior das nove FLONAS do sul do Brasil (ICMBIO, 2009).

Em 2004 foram instaladas parcelas permanentes de 1,0 ha cada compreendendo uma área total de 25 ha na área da FLONA, sob coordenação do professor Afonso Figueiredo Filho, sendo mensurados todos os indivíduos com DAP maior que 10 cm.

Na FIGURA 4 observa-se a disposição das parcelas permanentes na Floresta Nacional de Três Barras com a distribuição dos indivíduos amostrados.

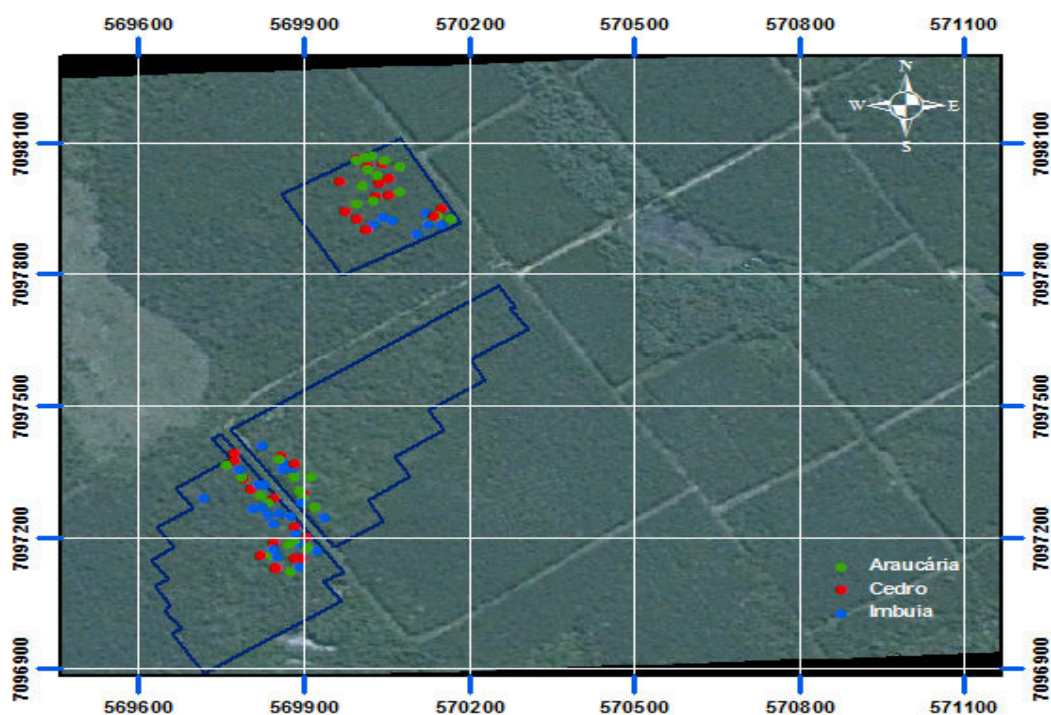


FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES NA FLONA DE TRÊS BARRAS.  
FONTE - Imagem do Google Earth – 2010 adaptada pelo autor.

#### 4.1.4. Floresta Nacional de Chapecó, estado de Santa Catarina

A FLONA de Chapecó está localizada no estado de Santa Catarina, tendo sido criada em 25 de outubro de 1958, embora tenha sido implantada somente em 1962 com o nome de Parque Florestal João Goulart. Com a extinção do IBDF e criação do IBAMA em 1989, passou a se chamar Floresta Nacional de Chapecó.

Segundo ICMBIO (2009), a área da unidade engloba 1.605 hectares, sendo composta por duas glebas: Gleba I: possui uma área de 1.290 hectares no município de Guatambu, onde está localizada a sede da FLONA; Gleba II: possui uma área de 315 hectares, estando localizada no município de Chapecó.

A vegetação nativa na FLONA de Chapecó é predominante com uma área de 1.173 hectares, representando duas tipologias: Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual.

Em 2000 foram instaladas 20 parcelas permanentes de 1,0 ha cada uma na área da FLONA, sob coordenação do professor Afonso Figueiredo Filho, sendo mensurados todos os indivíduos com DAP maior que 10 cm. Pode-se observar na FIGURA 5 a disposição das parcelas na Floresta Nacional de Chapecó com a distribuição dos indivíduos amostrados.

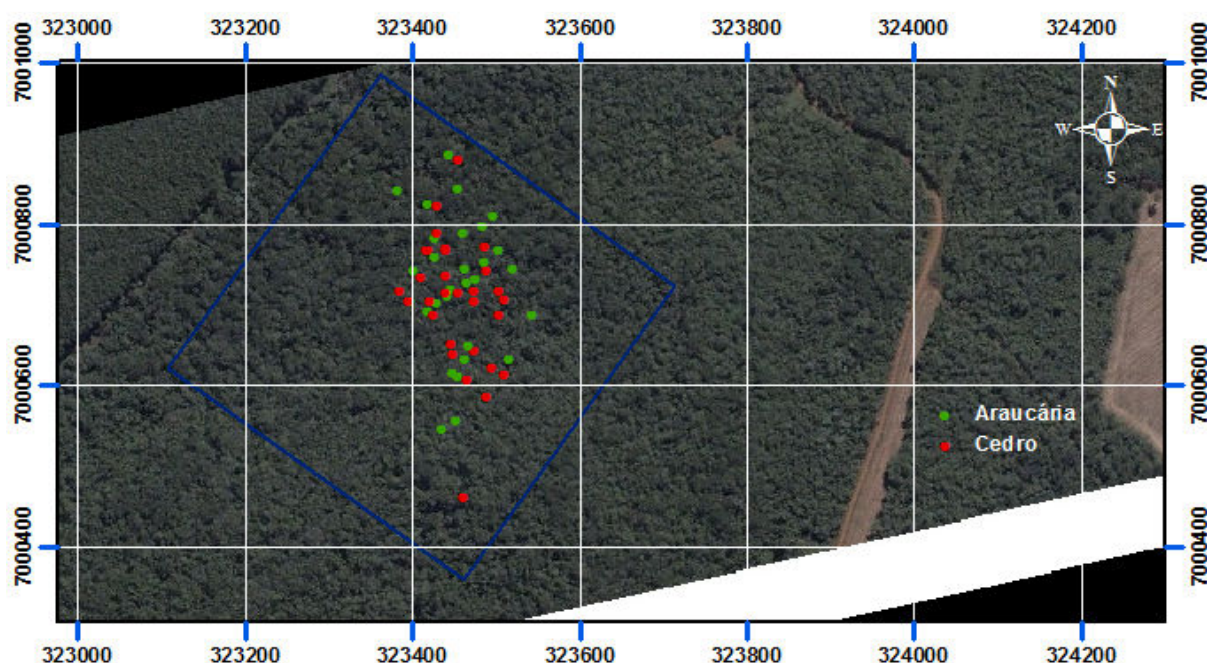


FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES NA FLONA DE CHAPECÓ  
FONTE - Imagem do Google Earth – 2010 adaptada pelo autor.



#### 4.1.5. Reserva Florestal EMBRAPA/EPAGRI em Caçador, estado de Santa Catarina

A Reserva Florestal da EMBRAPA/EPAGRI (RFEE) é um dos maiores remanescentes contínuos com vegetação característica da região fitogeográfica Floresta Ombrófila Mista (FOM), parte do domínio da Mata Atlântica. A área onde está localizada a Reserva foi declarada área de utilização pública pelo Decreto nº 25.407, de 30 de agosto de 1948. Pertence formalmente à EMBRAPA, mas está sob contrato de comodato junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Em 1997, a área passou a ser denominada de Reserva Florestal EMBRAPA/EPAGRI (ROSOT et al., 2007).

A reserva possui uma área de 1.194 ha sendo a maioria coberta por floresta nativa, que representa uma comunidade de Floresta de Araucária onde ainda é possível encontrar, além da fauna característica dessa tipologia florestal, todos os estratos e espécies de grande valor econômico e ecológico como a imbuia, canelais, cedros e, de forma a marcar fortemente a paisagem, uma população de grandes pinheiros. Segundo Rosot et al. (2007) o maior exemplar de Cedro (*Cedrela fissilis*) ainda remanescente no Sul do Brasil e algumas das maiores imbuias (*Ocotea porosa*) estão na área da Reserva.

Em março de 2004, a EMBRAPA Florestas em parceria com a UFPR, instalou 10 parcelas permanentes de 2500 m<sup>2</sup> (25 m x 100 m) na Reserva, em áreas com predominância de Araucária. Nestas parcelas foram medidas a circunferência à altura do peito (CAP) e a altura comercial das árvores com DAP superior a 20 cm, sendo identificadas pelo seu nome comum. As parcelas permanentes, desde então, vêm sendo remedidas anualmente.

As amostras para os estudos desta pesquisa foram coletadas em seis das 10 parcelas permanentes, como se pode observar na FIGURA 6.

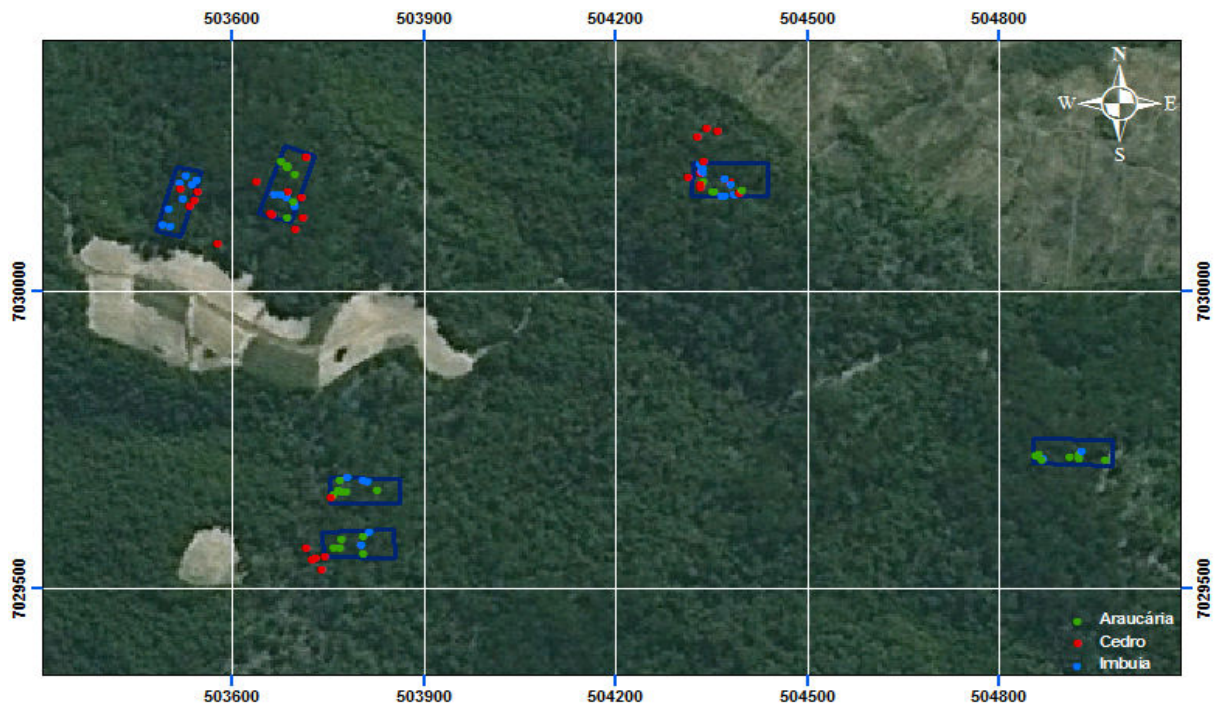


FIGURA 6 - LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES NA RESERVA FLORESTAL EMBRAPA/EPAGRI-CAÇADOR.

FONTE - Imagem do Google Earth – 2010 adaptada pelo autor.

#### 4.1.6. Floresta Nacional de São Francisco de Paula, no Estado do Rio Grande do Sul

No estado do Rio Grande do Sul a coleta foi realizada na Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

Segundo o ICMBIO (2009), a FLONA de São Francisco de Paula pertencia anteriormente ao Instituto Nacional do Pinho. Originou-se da necessidade de se pesquisar o pinheiro-do-paraná (Araucária), sob diferentes condições de cultivo. No ano de 1967 passou à jurisdição do IBDF, sendo criada formalmente no dia 25 de outubro de 1968.

Com 1.606 hectares, situa-se no município de São Francisco de Paula, estado do Rio Grande do Sul (29°02'S e 50°23'W – ponto central aproximado). O clima é temperado, com invernos rigorosos, com ocorrência de geadas, nevoeiros e registros de neve em algumas ocasiões. A temperatura média anual é inferior a 18,5°C. O relevo é ondulado a fortemente ondulado, com recorte profundo de alguns

rios e regiões abruptas que originam um relevo relativamente movimentado (NARVAES, 2004).

A vegetação dessa unidade de conservação é a Floresta Ombrófila Mista. Além da própria araucária, são comuns as espécies de açúcará, erva-mate, araçá, cedro, araticum, açoite-cavalo, branquilha, ingá, carrapicho, pinheiro-bravo, canela-amarela, quaresmeira, canela-preta, bracatinga, canela-sebo, manacá, entre outras. A vegetação de floresta nativa cobre cerca de 56% da área total, existindo ainda, reflorestamentos de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp., que são objeto de pesquisa sobre manejo (RIBEIRO, 2004; NARVAES, 2004; GOMES, 2005).

O clima da área de estudo, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, mesotérmico médio. Esse clima domina as cotas altimétricas entre 1.000 e 1.100m no norte do Rio Grande do Sul.

O relevo é ondulado na parte norte com altitude de 930 m, e na parte Sul é acidentado, formando cânions com mais de 100 m de profundidade. Os solos pertencem à unidade de mapeamento Bom Jesus, classificado como Cambissolo Húmico Álico, de textura argilosa, substrato basáltico, de teor ácido com teores de Al-trocável (NARVAES, 2004).

Em 2000, foram instaladas 10 parcelas permanentes de 1,0ha cada na área da FLONA, sob coordenação dos professores Dr. Doadi Antonio Brena e Dr. Solon Jonas Longhi da UFSM, sendo mensurados todos os indivíduos com DAP maior que 9,5 cm.

Encontra-se na FIGURA 7 a disposição das parcelas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula onde foram realizadas as coletas e a distribuição dos indivíduos amostrados.

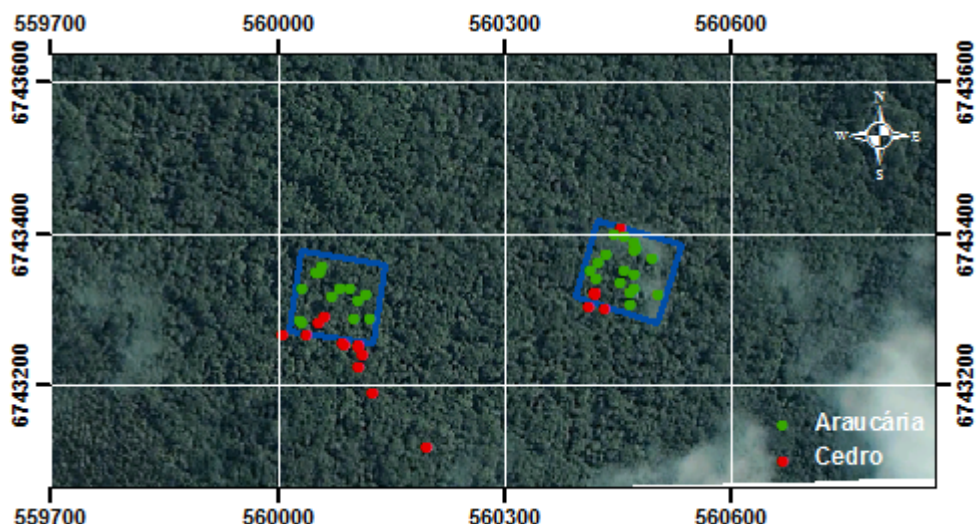


FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA.

FONTE - Imagem do Google Earth – 2010 adaptada pelo autor.

#### 4.2. ESCOLHA DAS ESPÉCIES PARA REALIZAR O ESTUDO DENDROCRONOLÓGICO

A escolha das espécies se deu em função da presença de anéis de crescimento anuais e por serem espécies que tiveram grande importância econômica no desenvolvimento da região sul do Brasil. Desta forma, e com base na amplitude de locais que se pretendia avaliar (sul do Brasil), foram escolhidas e estudadas três importantes espécies da tipologia Floresta Ombrófila Mista: *Araucaria angustifolia*, *Ocotea porosa* e *Cedrela fissilis*. Vários estudos anteriores (TABELA 1) sobre essas espécies indicaram que as mesmas apresentam camadas anuais de crescimento.

No que se refere ao número de indivíduos que devem ser amostrados por espécie, Cosmo (2008), estudando o incremento anual em diâmetro de *Sebastiania commersoniana*, em três áreas pedologicamente distintas, na planície do Iguaçu, estado do Paraná, realizou a coleta de dados em sete indivíduos de cada uma das três áreas.

TABELA 1 -ESPÉCIES SELECIONADAS PARA A PESQUISA E RESPECTIVOS AUTORES QUE DESENVOLVERAM ESTUDOS DENDROCRONOLÓGICOS.

Nome científico	Nome vulgar	Estudado por:
<i>Araucaria angustifolia</i>	Pinheiro	SEITZ e KANNINEN (1988), RONDON NETO (2003), MATTOS et al.(2007a), MATTOS et al.(2007b), SANTAROSA et al.(2007) MATTOS et al.(2010), entre outros.
<i>Ocotea porosa</i>	Imbuia	RONDON NETO (2003), MATTOS et al.(2007a), MATTOS et al.(2010), entre outros
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	TOMAZELLO FILHO et al.(2002), IWASAKI-MAROCHI (2007), MATTOS et al.(2010), entre outros.

Ainda com relação ao aspecto de intensidade amostral, Rivera (2007) estudou o incremento dos últimos dez anos de 29 espécies da Floresta Ombrófila Mista em Caçador, estado de Santa Catarina, utilizando a Análise de tronco (ANATRO) parcial, com amostras variando de 3 a 26 rolos de incremento por espécie, encontrando incrementos periódicos anuais compatíveis com estudos realizados com parcelas permanentes efetuados por Durigan (1999), Pizatto (1999) e Schaaf (2001). Nesse estudo o referido autor coletou dados em parcelas de 500 m<sup>2</sup> sendo tratadas cinco árvores por parcela (a maior, a menor e três árvores intermediárias).

Na presente pesquisa foram amostrados 30 indivíduos por espécie em cada local de coleta a fim de obter uma amostra representativa com um grande número de repetições. No entanto, houve uma exceção para *C. fissilis* em São Francisco de Paula onde foram amostradas 20 árvores, pelo fato de esta espécie ocorrer com menor frequência no local, sendo necessária a coleta de indivíduos fora das parcelas permanentes para completar a amostra. É importante mencionar que para *O. porosa*, em Chapecó e São Francisco de Paula, não foram coletadas amostras, pois a referida espécie não ocorre naturalmente nestes locais.

A escolha das árvores em que se realizou a tradagem baseou-se na distribuição diamétrica de cada espécie em cada local de coleta, procurando-se contemplar todas as classes diamétricas. Porém, com relação às árvores de

grandes dimensões, foi comprometida a tradagem visto que o trado de Pressler possui uma dimensão máxima de 40 cm, o que impossibilita a tradagem até a medula para árvores maiores que 80 cm de DAP. Nas árvores em que não se conseguiu atingir a medula, obteve-se, portanto, o diâmetro medido na floresta e o diâmetro não tradado (centro da árvore).

É importante ressaltar que os autores citados neste item selecionaram a espécie para estudo em função do foco de interesse de suas pesquisas e que na definição da intensidade amostral por espécie não foram utilizados quaisquer critérios de suficiência amostral, como também adotado na presente pesquisa, onde se definiu a quantidade de árvores-amostra por espécie pela capacidade de execução, tempo e informações disponíveis.

#### 4.3. COLETA, PREPARO DAS AMOSTRAS E MEDIÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

A coleta das amostras foi realizada com o uso da técnica não destrutiva, denominada de Análise Parcial de Tronco, que utiliza o Trado de Pressler (dimensões de cincomm de diâmetro por 40 cm de comprimento). Para se obter o número total de anéis de crescimento é necessário que o trado de incremento atinja a medula, que não é necessariamente o centro da árvore, evitando-se que a amostra perca a casca.

Uma forma de padronizar a extração dos rolos de incremento foi realizada, conforme o trabalho de Rivera (2007), em que os rolos são retirados a 1,3 m de altura (DAP) e todos em direção sul-norte (usando-se uma bússola). Essa metodologia foi adotada nesta pesquisa, porém, uma tradagem adicional foi efetivada no sentido perpendicular à primeira (Leste-Oeste) com a finalidade de redução dos erros de medição dos anéis o que pode refletir em uma avaliação mais acurada do incremento e da datação das amostras. Os orifícios deixados nas árvores pela extração do rolo de incremento foram fechados com cera de abelha *in natura* a fim de evitar a penetração de água, insetos ou fungos que possam



prejudicar o desenvolvimento futuro da planta. Uma ilustração do processo de coleta das amostras pode ser visualizado na FIGURA 8.

Para facilitar o transporte e evitar a quebra do material, os rolos foram fixados em um “porta-rolos” com fita adesiva. Antes de sua medição, os rolos de incremento foram deixados em descanso por um período de duas semanas, para a secagem natural das amostras. Neste aspecto Stokes e Smiley (1968) não aconselharam o uso de estufa porque apurando o processo de secagem aumenta as possibilidades de fratura e deformação das amostras.



FIGURA8 - PROCESSO DE COLETA DAS AMOSTRAS COM O TRADO DE PRESSLER. A: INSERÇÃO DO TRADO DE INCREMENTO NA ÁRVORE; B E C: RETIRADA DO ROLO COM O EXTRATOR DO TRADO DE INCREMENTO; D: FECHAMENTO DO ORIFÍCIO DA ÁRVORE COM CERA DE ABELHA *IN NATURA*.

Após a secagem do material, realizou-se a sua fixação com cola no “porta-rolos” e lixamento de maneira progressiva com seis diferentes graduações de lixa (100, 180, 220, 320, 400 e 600), para melhor visualização dos anéis de crescimento (STOKES e SMILEY, 1968).

As medições foram realizadas utilizando-se o medidor de anéis de crescimento LINTAB 6 e com o software TSAP-Win, com precisão de 0,001 mm disponibilizado pelo Laboratório de Manejo Florestal, do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste, *Campus* de Irati, Paraná. Nas FIGURAS 9 e 10, observam-se as amostras das três espécies estudadas em que podem ser visualizadas, respectivamente, as amostras de cada árvore coladas ao “porta-rolos”, devidamente lixadas e as amostras de cada espécie com a visualização de uma lupa acoplada ao equipamento Lintab 6.

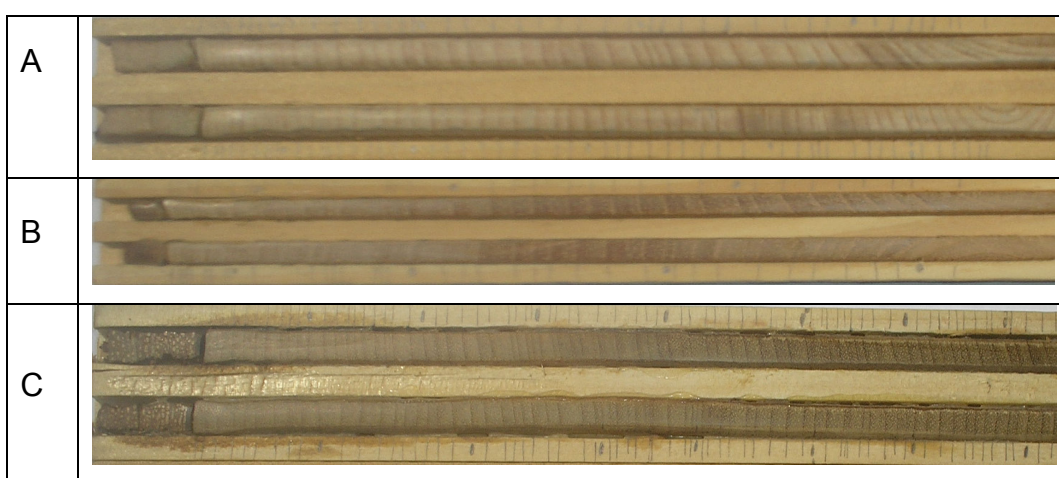


FIGURA9 -EXEMPLO DAS AMOSTRAS PREPARADAS PARA A MEDIÇÃO COM O LINTAB 6, SENDO: A: *Araucaria angustifolia*; B: *Cedrela fissilis*; C: *Ocotea porosa*



FIGURA10 -ANÉIS DE CRESCIMENTO AMPLIADOS COM USO DA LUPA LEICA STEREO ZOOM ACOPLADA À MESA DE MEDIÇÃO LINTAB 6, SENDO: A: *Araucaria angustifolia*; B: *Cedrela fissilis*; C: *Ocotea porosa*.AUMENTO 3 VEZES



Nesta pesquisa, realizou-se a medição no sentido da casca para a medula em que o anel mais próximo da casca corresponde ao ano corrente e os demais anéis decrescem retrospectivamente.

Apesar de este equipamento possibilitar a medição bastante precisa dos anéis de crescimento, a forma tabular, contendo os valores correspondentes à largura de cada anel, e também a representação gráfica de cada raio (série de crescimento), somente pode ser visualizada por meio de planilhas eletrônicas como as do Microsoft Excel. Neste caso, os valores medidos pelo Lintab em cada árvore foram exportados em formato de arquivos de texto separados por tabulações para poder realizar as análises detalhadas em planilha eletrônica.

#### 4.4. RESUMO DAS ETAPAS DO TRABALHO

As principais etapas realizadas na pesquisa constam a seguir, sendo que as cinco primeiras já foram relatadas no item anterior. As demais são abordadas nos próximos itens.

- Coleta das amostras em campo;
- Secagem das amostras;
- Lixamento das amostras;
- Marcação dos anéis de crescimento;
- Medição dos anéis de crescimento;
- Datação cruzada das amostras;
- Estimativa da idade;
- Determinação do crescimento;
- Modelagem do crescimento;
- Geração de índices de crescimento;
- Correlação do crescimento com dados climáticos.

## 4.5. ESTIMATIVA DA IDADE DAS ÁRVORES

### 4.5.1. Estimativa da idade das árvores em função do crescimento

Uma das maneiras de se estimar a idade das árvores é por meio do seu crescimento, ou seja, sabendo-se o valor médio de incremento anual de uma árvore e as suas dimensões (DAP, por exemplo) pode-se facilmente, pela divisão do valor do DAP pelo valor do incremento diamétrico, obter-se a idade estimada de uma árvore.

Neste estudo foram determinados os valores de crescimento médio em diâmetro por classe de DAP de 5 cm de amplitude para cada árvore de cada local e, conseqüentemente, o crescimento médio de cada classe para cada local, o que proporciona uma estratificação do crescimento das árvores ao longo do DAP, fazendo com que as estimativas da idade fossem mais confiáveis.

Para as árvores em que não foi possível atingir a medula com o uso do trado de incremento, procedeu-se à estimativa da idade da árvore por meio desta técnica por ser de aplicação bastante fácil. Para as árvores em que se conseguiu chegar à medula com o trado de Pressler, estimou-se também a idade por esta metodologia a fim de compará-la com as idades reais por meio de teste estatístico detalhado no item 4.5.4.

### 4.5.2. Estimativa da idade das árvores em função do DAP

Para os indivíduos no qual foi possível atingir a medula com o trado de incremento, e pelo fato de apresentarem a idade e o DAP (variáveis dos modelos), procedeu-se ao ajuste de modelos matemáticos a fim de avaliar a idade em função do DAP. Tais modelos podem ser visualizados na TABELA 2.

TABELA 2 - MODELOS UTILIZADOS PARA A ESTIMATIVA DA IDADE DAS ÁRVORES.

Número	Modelo	Nome
1	$I = a(1 - e^{-bDAP})^c$	Chapman- Richards adaptado
2	$I = a(e^{bDAP})$	Exponencial
3	$I = a + bDAP$	Linear
4	$I = a + b(\ln(DAP))$	Logarítmico
5	$I = a + bDAP + cDAP^2$	Polinomial do 2º grau
6	$I = a + bDAP + cDAP^2 + dDAP^3$	Polinomial do 3º grau
7	$I = a(DAP^b)$	Potencia

Em que:  $I$  = Idade da árvore (anos);  $DAP$  = Diâmetro à altura do peito (cm);  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  = Coeficientes a estimar;  $e$  = Base do logaritmo neperiano;  $\ln$  = logaritmo neperiano.

Assim como descrito no item anterior, as estimativas das idades por esta metodologia foram comparadas com as idades reais a partir de teste estatístico apresentado no item 4.5.4.

#### 4.5.3. Estimativa da idade das árvores em função da taxa de crescimento

Na tentativa de melhorar os resultados das estimativa da idade das árvores em que se conseguiu atingir a medula, utilizou-se o conceito de juros compostos para estimar a idade das árvores em função da taxa de crescimento, em que o valor final ou valor futuro de um capital após um período de capitalização pode ser expresso pela seguinte fórmula, disponível em Silva et al. (2005):

$$V_n = V_0(1 + i)^t$$

onde:

$V_n$ : Valor final de um capital;

$V_0$ : Valor inicial de um capital;

$i$ : Taxa de juros;

$t$ : Tempo.

Desta forma, utilizando-se destes conceitos, o crescimento diamétrico de uma árvore por classe de diâmetro pode ser expresso da seguinte forma.

$$D_{max} = D_{min}(1 + i)^t$$

onde:

$D_{max}$ : Limite superior de uma classe de diâmetro (cm);

$D_{min}$ : Limite inferior de uma classe de diâmetro (cm);

$i$ : Taxa média de crescimento por classe de diâmetro;

$t$ : Idade da  $i$ -ésima classe de diâmetro (anos).

Isolando-se a idade da classe ( $t$ ) tem-se a seguinte expressão:

$$t = \frac{\ln\left(\frac{D_{max}}{D_{min}}\right)}{\ln(1 + i)}$$

onde:

$t$ : Idade da  $n$ -ésima classe;

$D_{max}$ : Limite superior de uma classe de diâmetro (cm);

$D_{min}$ : Limite inferior de uma classe de diâmetro (cm);

$i$ : Taxa média de crescimento por classe de diâmetro;

$\ln$ : Logaritmo neperiano.

Com isso para obter-se a idade total de uma árvore basta somar ( $t$  acumulado) a idade de todas as classes de diâmetro.

$$I_t = \sum_{i=1}^n t_n$$

onde:

$I_t$ : Idade total da árvore (anos);

$t_n$ : Idade de cada classe de diâmetro (anos).

Na TABELA 3 pode ser observado um exemplo do cálculo da idade da árvore com base na taxa de crescimento.

TABELA 3 - EXEMPLO DO PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DA IDADE DA ÁRVORE COM BASE NA TAXA DE CRESCIMENTO PARA UMA ÁRVORE COLETADA ALEATORIAMENTE NA AMOSTRA.

Árvore	Dmin (cm)*	Dmax (cm)**	Centro de classe (cm)	Taxa média de crescimento	Idade da classe (anos)	Idade acumulada (anos)
1	1,7	5	3,35	0,3555	3,5	3,5
1	5	10	7,5	0,1167	6,3	9,8
1	10	15	12,5	0,0778	5,4	15,2
1	15	20	17,5	0,0513	5,7	21,0
1	20	25	22,5	0,0254	8,9	29,9
1	25	32,1	28,55	0,0082	30,4	60,2

\* Diâmetro mínimo da classe; \*\* Diâmetro máximo da classe.

Este procedimento é passível de execução somente quando se dispunha dos dados de crescimento desde os primeiros anos, ou seja, utilizando-se dados oriundos de análise de tronco total, ou análise de tronco parcial (desde que a medula esteja presente).

Como nos locais coletados não foram muitas as amostras em que se conseguiu obter a medula na tradagem, para se obter um conjunto de dados mais representativo, foram agrupados os indivíduos de todos os locais.

Com este processo realizado para todos os indivíduos de cada espécie, foi possível realizar a modelagem da idade em função do diâmetro utilizando para isto equações que estão dispostas na TABELA 2.

#### 4.5.4. Comparação das estimativas das idades

A validação das idades estimadas pelas diferentes metodologias propostas foi realizada, utilizando-se o Delineamento Inteiramente Casualizado, e o teste de Tukey ( $\alpha \leq 0,01$ ) a fim de verificar diferença nas médias dos tratamentos, após constatar significância no teste F da análise de variância (ANOVA). Antes da ANOVA, o teste de Bartlett ( $\alpha \leq 0,01$ ) foi aplicado a fim de verificar a homogeneidade de variâncias.

O método de estimativa que apresentou os melhores resultados e a maior facilidade nas estimativas no acesso das variáveis de entrada, serviu de base para a estimativa da idade das demais árvores em que não se conseguiu atingir a medula com o uso do trado de incremento.

#### 4.6. DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO

O incremento corrente anualemente diâmetro ( $ICA_d$ ) foi calculado pela fórmula:

$$ICA_d = d_f - d_i$$

em que:

$ICA_d$  = Incremento corrente anual em diâmetro (cm).

$d_f$  = DAP sem casca ao final do período de crescimento avaliado (cm)

$d_i$  = DAP sem casca no início do período de crescimento avaliado (cm)

Na verdade este incremento corrente anual já é obtido diretamente no Lintab onde a medida da largura de cada anel é o próprio incremento corrente anual do raio, o qual, multiplicado por 2, resulta no incremento corrente anual do diâmetro.

Em relação ao crescimento por década, avaliou-se primeiramente o crescimento corrente anual para cada ano. Posteriormente, efetivou-se o cálculo da média aritmética para cada década. Como os dados para a realização deste trabalho foram coletados no ano de 2009, ou seja, justamente no final da década de 2000, o crescimento desta década é portanto a média aritmética dos incrementos correntes anuais de 2000 a 2009. Para as décadas anteriores procedeu-se da mesma maneira até o último ano para o qual se obteve registro.

#### 4.6.1. Comparação do crescimento dos locais e entre décadas

Com o objetivo de comparar o crescimento das espécies ao longo dos anos e por década por espécie e em cada local, aplicou-se a análise de variância ( $\alpha \leq 0,01$ ) e o teste de Tukey ( $\alpha \leq 0,01$ ), a fim de identificar possíveis diferenças entre as médias de crescimento de cada árvore nos diferentes locais, sendo que para cada local tem-se no mínimo 30 repetições de crescimento para cada espécie (exceção do cedro em São Francisco de Paula, com 20 repetições).

Em relação ao crescimento por década, computou-se a média do incremento por década (incremento periódico anual por década) para cada árvore a fim de verificar se ocorrem diferenças significativas no crescimento nos diferentes períodos que são contemplados pelos dados. A diferença do crescimento entre as décadas foi realizada recentemente por Mattos et al. (2010), com dados de algumas espécies nativas na Reserva Florestal de Caçador, estado de Santa Catarina. A mesma metodologia foi adotada nesta pesquisa.

Antes de proceder à análise de variância foi necessário testar a homogeneidade das variâncias por meio do Teste de Bartlett, para confirmar a

hipótese de que as variâncias eram homogêneas (KOEHLER, 1999). Constatando-se que as variâncias não eram homogêneas, transformou-se os dados e verificou-se novamente se, com os dados transformados, se as variâncias tornam-se homogêneas ou não. Em caso positivo, realiza-se a análise de variância e os testes de comparação de médias nos dados transformados.

Todas essas análises estatísticas foram realizadas com o software Assistat (Silva, 1996) versão 7.6 demonstrativa.

#### 4.7. MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO

Neste estudo foram ajustados nove modelos de incremento corrente anual em diâmetro (DAP) em função do diâmetro inicial, sendo três lineares e seis não lineares, todos ajustados no Excel® 2007; para os modelos não lineares foi empregado o aplicativo Solver, que utiliza o algoritmo GRG2. Os modelos (TABELA 4) foram encontrados em Vanclay (1994), Alder (1995) e Rossi (2007).

TABELA 4 - MODELOS TESTADOS PARA ESTIMAR O INCREMENTO CORRENTE ANUAL DIAMÉTRICO EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO INICIAL.

Nº	Modelo	Autor
1	$I_d = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2$	ALEMDAG (1978)
2	$I_d = \beta_0 (DMax - DAP)^{\beta_1} DAP^{\beta_2}$	VANCLAY (1989)
3	$I_d = \beta_0 DAP^{\beta_1} - DAP^{\beta_2}$	BERTALANFFY
4	$I_d = \beta_0 DAP^{\beta_1} e^{\beta_2 DAP}$	*
5	$I_d = DAP(\beta_0 - (\beta_1 \ln DAP))$	*
6	$I_d = e^{\beta_0 + \beta_1 (1/DAP)}$	*
7	$I_d = \beta_0 + \beta_1 DAP$	*
8	$I_d = \beta_0 + \beta_1 DAP^2$	*
9	$I_d = e^{\beta_0 + \beta_1 DAP}$	*

\* modelos ajustados por Rossi (2007); em que:  $I_d$  = incremento corrente anual do DAP (cm/ano);  $DAP$  = Diâmetro a 1,3 m (cm) no início do período de crescimento;  $\ln$  = logaritmo neperiano;  $e$  = base do logaritmo neperiano;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  = coeficientes a ajustar.

Foram também utilizados modelos para estimar o crescimento acumulado (produção) em diâmetro (TABELA 5), tendo-se como variável independente a idade da árvore.

Os modelos com a idade como variável independente foram empregados em todas as árvores em que a análise de tronco parcial permitiu a definição dos incrementos e respectivas idades; isto foi possível sempre que o trado atingiu a medula.

Outra forma de modelagem foi empregada, utilizando para isso todas as árvores, mesmo as que não apresentaram a medula no momento da tradagem. Para tal foi necessária a recomposição do crescimento até onde seria a medula da árvores. Este processo foi realizado por meio do cálculo da média do crescimento dos últimos 10 anos até onde se obteve registros de crescimento, e com este valor foi realizada a recomposição do crescimento até onde seria a medula das árvore. Em seguida efetuaram-se os ajustes dos mesmos modelos ajustados (TABELA 5) para as árvores que apresentavam a medula.

TABELA 5 - MODELOS TESTADOS PARA ESTIMAR O CRESCIMENTO ACUMULADO (PRODUÇÃO) DO DIÂMETRO.

Modelo	Autor
$y = t^c / (b + t^c / a)$	Hossfeld IV
$y = ae^{-be^{-ct}}$	Gompertz
$y = a / (1 + ce^{-bt})$	Logística
$y = a(1 - ce^{-bt})$	Monomolecular
$y = a(1 - e^{-bt})^3$	Bertalanffy
$y = a(1 - e^{-bt})^c$	Chapman-Richards
$y = a(t^d / (b + t^d))^c$	Levakovic I
$y = a(t^2 / (b + t^2))^c$	Levakovic III
$y = ae^{-bt^{-c}}$	Korf
$y = a(1 - e^{-bt^c})$	Weibull
$y = at^d / (b + t^d) + c$	Yoshida I
$y = ae^{-be^{-ct^d}}$	Sloboda

Fonte: Zeide (1993); Em que:  $y$  = produção (diâmetro em centímetros);  $t$  = idade;  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  = coeficientes a estimar;  $e$  = base do logaritmo natural.

#### 4.7.1. Avaliação dos modelos



A seleção dos modelos mais adequados para estimar o incremento diamétrico e o crescimento acumulado do diâmetro foi baseada no maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajust), no menor erro padrão de estimativa em percentagem ( $S_{yx}\%$ ) e na distribuição gráfica dos resíduos de acordo com as seguintes equações:

$$R^2 = 1 - \frac{SQ_{Res}}{SQ_{Tot}}$$

$$R^2_{Ajust} = 1 - (1 - R^2) \cdot \left( \frac{n-1}{n-p} \right)$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{est})^2}{n-p}}$$

$$S_{yx\%} = \frac{S_{yx}}{Y_{med}} \cdot 100$$

$$Res\% = \frac{y_i - y_{est}}{y_i} \cdot 100$$

onde:

$R^2$  = Coeficiente de Determinação

$R^2_{Ajust}$  = Coeficiente de Determinação Ajustado

$SQ_{Res}$  = Soma dos Quadrados dos Resíduos

$SQ_{Tot}$  = Soma dos Quadrados Totais

$S_{yx}$  = Erro padrão da estimativa

$S_{yx\%}$  = Erro padrão da estimativa em percentagem

$Res\%$  = Percentagem de Resíduos

$y_i$  = Incremento ou crescimento real

$y_{est}$  = Incremento ou crescimento estimado

$Y_{med}$  = Incremento ou crescimento médio

$n$  = número de dados observados para os ajustes

$p$  = número de coeficientes do modelo.

#### 4.8. DENDROCRONOLOGIA

#### 4.8.1. Datação cruzada das amostras e construção das cronologias

O processo de datação cruzada das amostras é efetuado considerando dois raios por árvore e a sincronia das diferentes séries de cada árvore, a fim de eliminar possíveis erros de medição como a presença de falsos anéis ou a ausência deles.

Além da datação entre os raios da mesma árvore, também realizou-se a datação entre as diferentes árvores com o propósito de verificar pontos comuns de crescimento (picos baixos e altos) entre cada árvore, sendo que, neste caso, as séries utilizadas para a datação cruzada entre as árvores foi a média dos dois raios da mesma árvore já devidamente datados anteriormente.

O processo de datação cruzada foi realizado em duas etapas. Na primeira, efetuou-se apenas uma verificação preliminar da correspondência dos valores de incremento entre as séries de cada árvore, organizados lado a lado em formato tabular. Na planilha eletrônica é possível deslocar as células facilmente, a fim de inserir ou excluir anéis ausentes ou falsos, respectivamente.

A segunda etapa consistiu na verificação estatística das séries após a datação visual utilizando para isso o *software* COFECHA (HOLMES, 1983), específico de dendrocronologia. Este *software* permite a verificação de cada série em segmentos menores, definidos no início do processamento dos dados. Com base nas séries inseridas no programa, é ajustado um modelo chamado de série máster que, por meio de uma correlação linear de Pearson, verifica se existe correlação significativa entre cada segmento inicialmente especificado das séries reais com a máster ajustada. Este programa ainda aponta pontos com problemas de datação, sugere os anos que por um erro de datação estão causando perda na correlação das séries, etc.

Após este processo ser realizado em cada série da mesma árvore, estas duas etapas da datação cruzada foram efetuadas entre todas as árvores da mesma espécie em cada local, a fim de se obter uma série máster para cada espécie de cada local analisado. As árvores que apresentaram correlações não significativas

com a máster foram descartadas das análises, sendo consideradas ruído, descaracterizando a série de crescimento ótima de cada local.

O controle estatístico de qualidade das séries realizado por meio do programa COFECHA é frequentemente utilizado para o controle de qualidade da datação cruzada em estudos de dendrocronologia. O procedimento verifica, estatisticamente, a datação realizada, identificando as amostras ou segmentos de amostras do lenho das árvores que apresentam problemas de demarcação ou mensuração dos anéis de crescimento, indicando a possível existência de anéis de crescimento falsos ou ausentes (HOLMES, 1983). O programa COFECHA foi utilizado por muitos autores em todo o mundo, sendo que Medeiros (2005), Oliveira (2007), Alvarado (2009), Chagas (2009) entre outros, utilizaram-na com espécies tropicais e subtropicais, como as desta pesquisa.

Após a datação correta, todas as séries foram padronizadas por curvas exponenciais negativas usando-se o programa ARSTAN (COOK, 1985). Este processo gera um índice resultante das larguras dos anéis que reduz a variação na série devido à idade biológica e perturbação endógena de local. Consequentemente, a normalização do procedimento maximiza a percentagem de variância comum das larguras dos anéis entre as diferentes séries de um mesmo local.

$$G = b_1 \exp(-b_2 t) + b_3 t + b_0$$

Onde:

G = Crescimento estimado de cada ano (largura do anel);

t = ano de formação de cada anel de crescimento;

$b_0, b_1, b_2$  e  $b_3$  = coeficientes da equação.

A remoção das tendências de crescimento foi realizada conforme a metodologia de Fritts (1976), cujos dados são transformados em índices de largura de crescimento.

$$I = \frac{R}{G}$$

Onde:

I = Índice da largura dos anéis de crescimento;

R = Largura dos anéis de crescimento observada;

G = Largura dos anéis de crescimento estimada em função da idade.

Segundo López et al. (2006), o programa ARSTAN gera as estatísticas dendrocronológicas principais, incluindo sinal-ruído (SNR), que pode ser considerado como uma expressão da robustez do sinal comum observado entre as árvores; o sinal expresso da população (EPS) como uma medida da correlação entre a cronologia média derivada das amostras e da população; e a sensibilidade média (MS), como uma medida das diferenças em relação de largura entre os anéis adjacentes. Já para López e Villalba (2011), além das estatísticas citadas, são geradas também estatísticas adicionais usadas em dendrocronologia, como o sinal expresso da população (EPS). O EPS é uma medida do sinal total presente em uma cronologia, em comparação com uma cronologia com boa resposta. Valores de EPS  $>0,85$  indicam que o número de amostras que integram a cronologia é grande o suficiente para capturar uma percentagem adequada do sinal teórico presente em uma cronologia com boa resposta. Valores de EPS  $< 0,85$  sugerem que a intensidade do sinal fornece uma estimativa inadequada do sinal de verdadeira cronologia devido à falta de sinal comum entre as amostras ou baixa resposta. No estudo de López e Villalba (2011) foi utilizado um segmento de 50 anos de comprimento e 25 anos entre os segmentos consecutivos, assim como o utilizado nesta pesquisa (largura dos segmentos utilizada no COFECHA).

#### 4.9. CORRELAÇÃO DO CRESCIMENTO COM DADOS CLIMÁTICOS

Os resultados das análises dos anéis de crescimento sincronizados foram aferidos com as séries climáticas obtidas de estações meteorológicas próximas aos locais onde os dados foram coletados, determinando-se os valores de correlação linear de Pearson entre as variáveis climáticas e o crescimento.

Para Botosso e Tomazello Filho (2001), a datação dos anéis de crescimento de árvores de espécies tropicais e a reconstrução climática de épocas passadas podem ser possíveis se houver a correlação entre a largura dos anéis de crescimento e os dados climáticos. Pode-se realizar a reconstrução climática se ocorrer forte correlação entre as variáveis climáticas e o crescimento.

As estações meteorológicas que disponibilizaram os seus registros podem ser observadas na TABELA 6, onde aparecem também as distâncias em relação aos locais de coleta de dados e o ano do início dos registros climáticos.

Nas regiões abaixo da linha do equador os meses de inverno (caracterizados com período de crescimento estagnado para as plantas) estão concentrados no meio do ano; portanto, o início do ano para uma planta é a data contada a partir da época da liberação do crescimento, ou seja, começo da primavera. Para tanto, os dados climáticos quando correlacionados com dados de crescimento das árvores nestas regiões, devem ser adequados a essa característica das plantas, sendo que nessa pesquisa foi considerado um ano de crescimento o período compreendido entre os meses de agosto de um determinado ano a julho do ano subsequente.

Foi verificada também a significância (a 5 e a 1% de probabilidade) das correlações obtidas entre os parâmetros temperatura máxima, mínima e média e a precipitação, com os valores de incremento médio anual das três espécies estudadas.

TABELA 6 - LOCAL, DISTÂNCIA E ANO DE INICIO DOS REGISTROS CLIMÁTICOS DAS ESTAÇÕES QUE DISPONIBILIZARAM OS DADOS METEOROLÓGICOS.

<b>Local</b>	<b>Local da Estação</b>	<b>Entidade responsável pela estação meteorológica</b>	<b>Distância em linha reta da estação ao local de amostragem (km)</b>	<b>Ano do início dos registros climáticos</b>
Caçador - SC	Caçador	EPAGRI <sup>1</sup>	5	1961
Chapecó - SC	Chapecó	EPAGRI <sup>1</sup>	15	1974
Irati - PR	Fernandes Pinheiro	IAPAR <sup>2</sup>	2	1963
São Francisco de Paula - RS	Bom Jesus	INMET <sup>3</sup>	80	1961
São João do Triunfo - PR	Lapa	IAPAR <sup>2</sup>	45	1987
Três Barras - SC	Major Vieira	EPAGRI <sup>1</sup>	15	1989

<sup>1</sup>: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; <sup>2</sup>: Instituto Agrônomo do Paraná; <sup>3</sup>: Instituto Nacional de Meteorologia.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS

O número de amostras coletadas nos diferentes locais de pesquisa, bem como os diâmetros médios, mínimos e máximos podem ser observados na TABELA 7.

TABELA 7 - CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS EM CADA LOCAL DO SUL DO BRASIL.

Espécies	Local	NA	Diâmetro (DAP) com casca das árvores amostradas (cm)				CV %
			Médio	Mínimo	Máximo	Desv.Pad	
<i>Araucaria angustifolia</i>	Caçador	30	75,03	27,69	125,10	26,42	35,22
	Chapecó	30	34,59	14,01	60,48	11,34	32,77
	Irati	30	59,95	17,51	106,95	20,29	33,85
	São Francisco de Paula	30	39,65	17,19	90,40	18,92	47,72
	São João do Triunfo	30	39,43	14,80	85,94	15,68	39,76
	Três Barras	30	31,91	13,21	65,57	11,27	35,32
	<b>Total ou Média</b>	<b>180</b>	<b>46,76</b>	<b>17,40</b>	<b>89,07</b>	<b>17,32</b>	<b>37,44</b>
<i>Cedrela fissilis</i>	Caçador	30	44,15	17,35	77,03	15,37	34,82
	Chapecó	30	31,18	14,16	59,52	11,98	38,43
	Irati	29	40,25	18,94	63,03	12,59	31,27
	São Francisco de Paula	20	25,73	10,03	46,95	9,87	38,37
	São João do Triunfo	30	25,41	10,19	59,52	14,12	55,58
	Três Barras	30	25,68	14,01	65,57	11,96	46,57
	<b>Total ou Média</b>	<b>169</b>	<b>32,07</b>	<b>14,11</b>	<b>61,94</b>	<b>12,65</b>	<b>40,84</b>
<i>Ocotea porosa</i>	Caçador	30	45,95	24,03	70,66	12,48	27,16
	Irati	30	47,91	19,58	88,81	18,09	37,76
	São João do Triunfo	30	54,47	27,53	96,61	16,18	29,71
	Três Barras	30	27,20	12,41	69,39	13,64	50,15
	<b>Total ou Média</b>	<b>120</b>	<b>43,88</b>	<b>20,89</b>	<b>81,37</b>	<b>15,10</b>	<b>36,19</b>

\*NA: Número de amostras coletadas da espécie em cada local; Desv.Pad: Desvio padrão para o diâmetro das árvores amostradas; CV%: Coeficiente de variação em percentagem para o diâmetro das árvores amostradas.

É possível perceber que, em quase todos os locais, foram coletadas 30 amostras por espécie. A exceção é para o cedro de Irati, onde se coletaram 29 amostras (uma delas foi descartada por apresentar quebras no rolo) e para o cedro em São Francisco de Paula em que foram coletadas 20 amostras, tendo em vista que a espécie é bastante rara na região e com poucos indivíduos nas parcelas permanentes.

No campo também foram medidas as distâncias das árvores mais próximas às árvores amostradas no mesmo raio onde foram coletadas as amostras não destrutivas. Para todas as espécies as distâncias das árvores mais próximas se concentram em torno a 3 metros, podendo variar de 2 metros para a imbuia de São João do Triunfo na direção sul a 5,80 metros em média para a araucária de Caçador na direção leste.

Observa-se que os diâmetros médios amostrados para a araucária (46,76 cm) foram próximos ao diâmetro médio encontrado para a imbuia (43,88 cm). O cedro apresentou diâmetro médio (32,07 cm) inferior às outras espécies e um maior coeficiente de variação médio dentre as outras espécies estudadas (40,84%), demonstrando haver uma maior dispersão entre os diâmetros amostrados para esta espécie.

## 5.2. ESTIMATIVA DA IDADE

Para as árvores cujas medulas foram atingidas pelo trado de Pressler, obteve-se as idades reais, o que tornou possível a aplicação de vários testes, buscando encontrar um método capaz de estimar a idade das espécies sob estudo a partir de variáveis facilmente obtidas em campo. A disponibilidade das idades reais proporcionou a comparação e a validação dos métodos testados. Todavia, para as três espécies estudadas, o número de árvores em que se chegou à medula foi pequeno em cada local (pode ser melhor visualizado no item 5.3), sendo, então, agrupadas as árvores de todos os locais com esta característica, por espécie, para que fosse possível testar os métodos para estimar as idades por espécie.

### 5.2.1. Estimativa da idade das árvores em função do crescimento em classes de DAP

Na TABELA 8 estão dispostos os incrementos correntes anuais por classe de diâmetro com amplitude de 5 cm para todas as espécies estudadas. Estes incrementos são referentes às árvores em que foi possível atingir a medula no momento da tradagem. Optou-se pelo agrupamento do incremento por classes de diâmetro para distinguir o crescimento das árvores em função dos diâmetros. Assim a estimativa da idade torna-se mais precisa, uma vez que ocorre uma variação maior dos incrementos para as diferentes classes de diâmetro.

TABELA8 -INCREMENTOS MÉDIOS ANUAIS SEM CASCA POR CLASSE DE DAP (COM AMPLITUDE DE 5 CM) PARA AS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS.

Classe de DAP (cm)	Araucária		Cedro		Imbuia	
	Incremento (cm/ano)	Idade (anos)	Incremento (cm/ano)	Idade (anos)	Incremento (cm/ano)	Idade (anos)
2,5	0,437	5,7	0,382	6,5	0,374	6,6
7,5	0,439	17,1	0,365	20,5	0,314	23,8
12,5	0,410	30,5	0,383	32,6	0,348	35,8
17,5	0,380	46,0	0,381	45,8	0,312	56,0
22,5	0,383	58,7	0,398	56,4	0,348	64,5
27,5	0,390	70,4	0,355	77,3	0,375	73,2
32,5	0,382	85,1	0,329	98,6	0,389	83,5
37,5	0,455	82,4	0,270	138,6	0,385	97,1
42,5	0,463	91,6	0,332	127,7	0,394	107,8
47,5	0,382	124,2	0,444	106,8	0,429	110,5
52,5	0,432	121,4	-	-	0,452	116,0
57,5	0,378	151,9	-	-	0,321	179,0
62,5	0,320	195,3	-	-	0,450	138,8
67,5	-	-	-	-	0,387	174,4
72,5	-	-	-	-	0,390	185,8

### 5.2.2. Estimativa da idade em função do DAP

Outra alternativa testada para estimar da idade das árvores foi o ajuste de modelos matemáticos em função do diâmetro inicial. Neste caso, para todas as árvores de cada espécie em que se conseguiu atingir a medula no momento da tradagem (árvores de todos os locais agrupados) ajustaram-se os modelos propostos (TABELA 2), cujas estatísticas e coeficientes podem ser visualizadas na TABELA 9.



TABELA9 -ESTATÍSTICAS DOS MODELOS PARA A ESTIMATIVA DA IDADE EM FUNÇÃO DO DAP COM CASCA PARA *A. angustifolia*, *C. fissilis* e *O. Porosa*.

Espécie	Modelo*	Syx%	R²ajust	a	b	c	d
<i>Araucaria angustifolia</i>	1	22,3	0,4472	94,666	0,029	0,520	-----
	2	22,3	0,4259	47,708	0,012	-----	-----
	3	22,2	0,4337	43,431	0,879	-----	-----
	4	22,1	0,4404	-6,129	22,703	-----	-----
	5	22,0	0,4422	32,959	1,704	-0,014	-----
	6	22,3	0,4215	44,010	0,321	0,037	-0,001
	7	<b>21,7</b>	<b>0,4614</b>	21,882	0,345	-----	-----
<i>Cedrela fissilis</i>	1	25,9	0,5598	132,436	0,083	4,555	-----
	2	26,2	0,5485	33,264	0,029	-----	-----
	3	25,8	0,5606	15,662	2,210	-----	-----
	4	26,5	0,5374	-92,988	52,039	-----	-----
	5	25,8	0,5607	14,371	2,319	-0,002	-----
	6	26,2	0,5496	-1,715	4,471	-0,089	0,001
	7	<b>25,5</b>	<b>0,5720</b>	5,901	0,776	-----	-----
<i>Ocotea porosa</i>	1	32,3	0,5526	127,965	0,083	2,637	-----
	2	35,7	0,4529	35,659	0,025	-----	-----
	3	32,8	0,5362	25,537	1,989	-----	-----
	4	31,9	0,5484	-96,774	55,717	-----	-----
	5	31,5	0,5725	-15,022	5,131	-0,048	-----
	6	<b>31,5</b>	<b>0,5856</b>	23,284	0,305	0,125	-0,002
	7	32,6	0,5438	7,038	0,729	-----	-----

(\*) 1:  $I = a(1 - e^{-bDAP})^c$ , 2:  $I = a(e^{bDAP})$ , 3:  $I = a + bDAP$ , 4:  $I = a + b(\ln(DAP))$ , 5:  $I = a + bDAP + cDAP^2$ , 6:  $I = a + bDAP + cDAP^2 + dDAP^3$ , 7:  $I = a(DAP^b)$ .

Em relação ao erro padrão da estimativa em porcentagem, a equação gerada para a araucária apresentou a melhor estatística (21,7%) seguido do cedro (25,5%) e imbuia como sendo a menos precisa com 31,5%. Em relação ao coeficiente de determinação ajustado, ocorreu o inverso, pois a equação desenvolvida para imbuia apresentou as melhores estatísticas com coeficientes de determinação de 0,5856, seguido de 0,5720 para o cedro e 0,4614 para a araucária. Para o modelo de Chapman-Richards (*modelo 1*), o coeficiente “a” representa o valor assintótico médio da variável dependente, que neste caso é a idade em anos; observa-se que o menor valor assintótico foi obtido para a araucária seguido da imbuia e do cedro. Isto sugere que o banco de dados utilizado para a estimativa das idades das araucárias apresenta, para esta modalidade de ajuste, árvores com menores idades.

Fisher et al. (2009) ajustaram um modelo de regressão descrevendo a variação da idade em função do diâmetro para *Araucaria angustifolia* de um remanescente florestal primário sem exploração madeireira localizada no município de Bom Jardim da Serra – SC. O modelo de regressão linear simples apresentou um R² de 0,8114, demonstrando que a idade pode ser predita pelo diâmetro. Por meio da equação esses autores conseguiram realizar as estimativas das idades para os demais indivíduos indicando uma variação de idade de 70 a 254 anos. As

estatísticas obtidas por estes autores foram melhores às encontradas nesta pesquisa, possivelmente pelo fato de trabalharem com indivíduos provenientes de apenas um local com características mais semelhantes, diferente do modo com foi trabalhado na presente pesquisa.

As estatísticas dos ajustes não foram satisfatórias, o que pode ter sido ocasionado pela grande dispersão dos valores das idades em relação ao diâmetro. Esta dispersão pode ser visualizada na FIGURA 11, onde se observa a representação dos pontos da idade real e a curva ajustada da idade estimada. Como a curva estimada pelo modelo com melhor ajuste representa a média, pode-se observar uma distância acentuada em alguns pontos da idade real em relação à idade estimada.

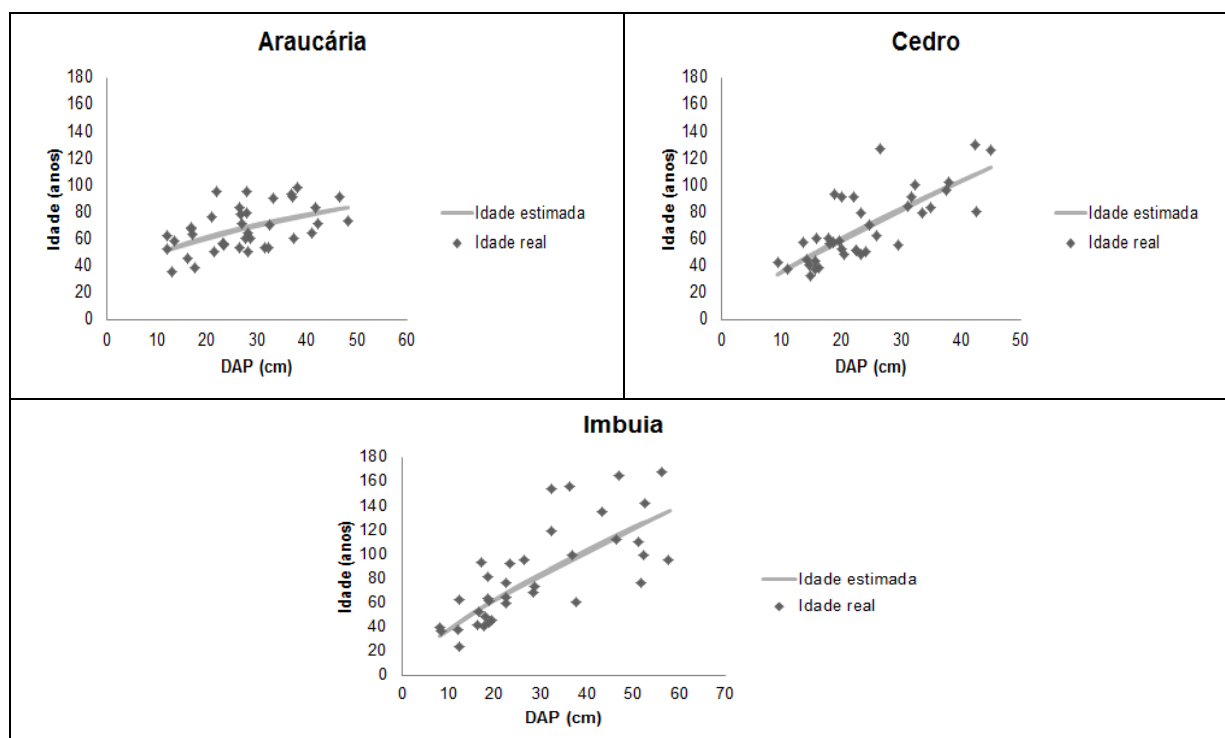


FIGURA 11 - CURVAS DA IDADE EM FUNÇÃO DO DAP PARA AS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS.

### 5.2.3. Estimativa da idade das árvores em função da taxa de crescimento

Observa-se na FIGURA 12o comportamento decrescente das taxas médias de crescimento à medida que aumenta o tamanho dos diâmetros das árvores.

Percebe-se que nos primeiros anos e, conseqüentemente, nos menores diâmetros, as taxas de crescimento são mais elevadas, chegando próximo a 0,25 cm/ano para a araucária e para a imbuia e 0,35 cm/ano para o cedro. Nas árvores com diâmetros próximos dos 12,5 cm a taxa se estabiliza, apresentando um comportamento linear próximo a 0,05 cm/ano, tendendo a zero nas classes de maior tamanho.

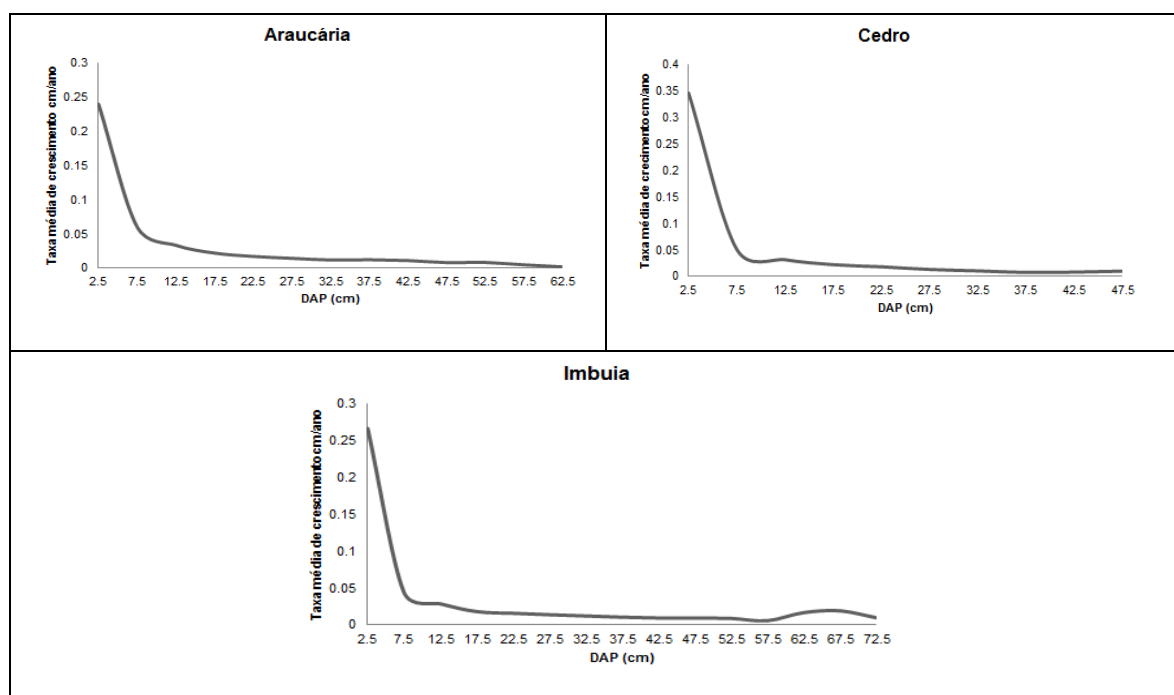


FIGURA 12 - TAXA DE CRESCIMENTO MÉDIA DE *A. angustifolia*, *C. fissilis* E *O. porosa* POR CLASSE DE DIÂMETRO EM TODOS OS LOCAIS, SENDO NO EIXO X O DAP EM CM/ANO E NO EIXO Y AS TAXAS MÉDIAS DE CRESCIMENTO.

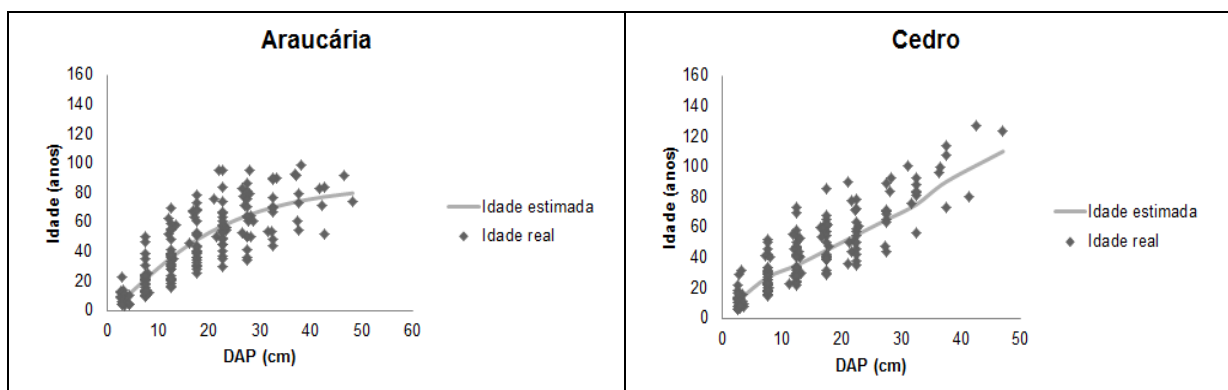
Com os resultados da metodologia proposta e detalhada no item 4.5.3. foi realizada a modelagem da idade em função do diâmetro (centro de classe de DAP) com os diferentes modelos testados, para os quais as estatísticas para as três espécies estudadas podem ser observadas na TABELA 10.

Os modelos ajustados apresentam estatísticas diferenciadas para as três espécies estudadas em relação ao coeficiente de determinação ajustado, sendo o melhor resultado encontrado para o cedro ( $R^2 = 0,7805$ ) com o modelo polinomial de 3º grau, seguido da imbuia ( $R^2 = 0,7569$ ) e da araucária ( $R^2 = 0,6911$ ), ambas com o modelo de Chapman-Richards. No que diz respeito ao erro padrão da estimativa os ajustes para as três espécies apresentam-se bastante semelhantes, com valores próximos a 30% e coeficientes de determinação maiores que o método anterior.

TABELA10 -ESTATÍSTICAS DOS MODELOS PARA A ESTIMATIVA DA IDADE EM FUNÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO PARA *A. angustifolia*, *C. fissilis* e *O. porosa*.

Espécie	Modelo	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d
<i>Araucaria angustifolia</i>	1	<b>32,7</b>	<b>0,6911</b>	85,793	0,061	1,395	-----
	2	39,4	0,5510	22,932	0,033	-----	-----
	3	34,8	0,6507	9,367	1,915	-----	-----
	4	34,1	0,6644	-29,170	27,428	-----	-----
	5	32,7	0,6906	-2,457	3,532	-0,039	-----
	6	32,8	0,6890	-3,461	3,767	-0,052	0,0002
	7	33,6	0,6741	5,717	0,721	-----	-----
<i>Cedrela fissilis</i>	1	29,2	0,7740	107,025	0,024	0,682	-----
	2	31,9	0,7313	20,916	0,043	-----	-----
	3	29,0	0,7767	7,968	2,348	-----	-----
	4	34,6	0,6839	-23,903	27,355	-----	-----
	5	29,1	0,7754	7,757	2,381	-0,001	-----
	6	<b>28,8</b>	<b>0,7805</b>	1,755	4,037	-0,106	0,002
	7	29,1	0,7754	5,031	0,805	-----	-----
<i>Ocotea porosa</i>	1	<b>30,2</b>	<b>0,7569</b>	115,568	0,046	1,075	-----
	2	38,9	0,5961	32,160	0,026	-----	-----
	3	33,7	0,6979	18,210	1,987	-----	-----
	4	31,6	0,7341	-28,344	32,396	-----	-----
	5	30,3	0,7566	2,610	4,031	-0,041	-----
	6	30,3	0,7556	0,741	4,461	-0,062	0,0003
	7	31,3	0,7406	9,690	0,623	-----	-----

Na FIGURA 13, observa-se que o DAP máximo encontrado para as 3 espécies não é maior do que 70 cm, em decorrência de que o trado de incremento possui 40 cm de comprimento e é impossível chegar à medula de árvores maiores que 80 cm de diâmetro (presumindo que a medula esteja localizada no centro da árvore). A idade máxima estimada (coeficiente **a** do modelo biológico) para estes indivíduos foi próxima a 85 anos para a araucária, 107 anos para o cedro e 115 anos para a imbuia, o que pode ser verificado nos coeficientes “a” do modelo 1 de Chapman-Richards apresentado na TABELA 10.



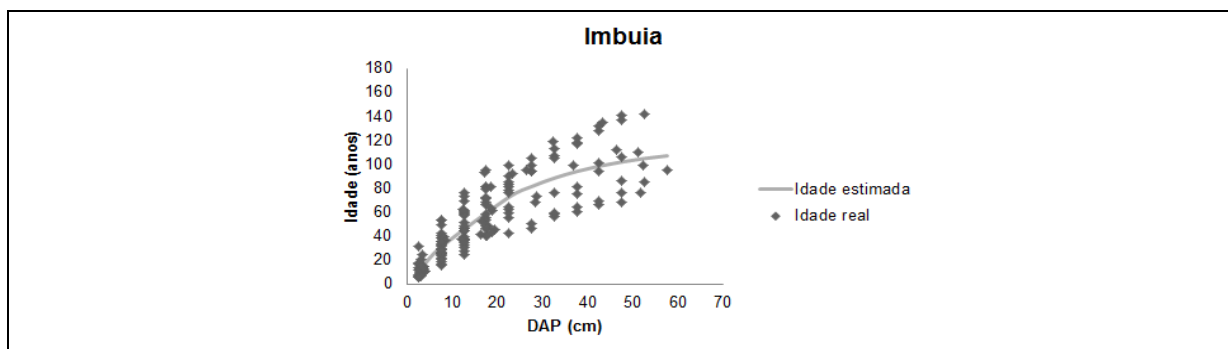


FIGURA13 - CURVA DA IDADE EM FUNÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO RESULTANTE DO AJUSTE DO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS PARA AS TRÊS ESPÉCIES ESTUDADAS.

Em relação ao ajuste do modelo de Chapman-Richards, a curva gerada para a araucária e imbuia apresenta um formato sigmoidal com tendência de estabilizar-se a partir dos 50 e 60 cm de DAP, respectivamente. Acredita-se que isso ocorra em função da diminuição do crescimento e possivelmente pelas menores dimensões das árvores das quais se atingiu a medula em relação às demais, podendo se encontrar em uma condição de supressão na floresta.

#### 5.2.4. Comparação dos métodos de estimativas das idades

Como as amostras que atingiram a medula com o uso do trado de incremento apresentam idades reais, e como foram utilizadas três metodologias para a estimativa da idade destes indivíduos, a comparação das idades estimadas em relação à real foi realizada por meio da análise de variância. Para as araucárias, amostradas em todos os locais, foram consideradas 67 árvores que atingiram a medula, 44 árvores para o cedro e 41 para a imbuia.

Neste caso, aplicou-se inicialmente, o teste de Bartlett, a fim de verificar se as variâncias eram homogêneas. Constatou-se que as variâncias não eram homogêneas, sendo necessário, portanto, que os dados fossem transformados. Foi utilizado então o inverso de cada valor e, desta forma, o teste de Bartlett indicou homogeneidade das variâncias.

Assim, procedeu-se a análise de variância e pode-se observar na TABELA 11, que os p-valores não foram significativos, indicando que as médias são iguais estatisticamente e podendo-se utilizá-las para estimar as idades com valores estimados, estatisticamente iguais às idades reais.

Neste aspecto, para Moore (2007), o p-valor apresenta a probabilidade dos valores encontrados a partir de dados amostrais serem representativos dos parâmetros populacionais, dado que a hipótese nula é verdadeira. Quanto menor o seu valor, maior é a confiança do pesquisador em rejeitar a hipótese nula. No outro oposto, p-valores altos indicam que a hipótese nula ( $H_0$ ) não pode ser rejeitada, ou seja, as médias comparadas não diferem estatisticamente.

TABELA11–MÉDIAS DAS IDADES ESTIMADAS PELOS DIFERENTES MÉTODOS E SIGNIFICÂNCIA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F).

Metodologia	Araucária	Cedro	Imbuia
	p-valor=0,1199	p-valor=0,8206	p-valor=0,6752
	Média das idades (anos)		
Testemunha	73,57	61,777	90,285
Incremento	73,91	64,901	83,743
DAP	71,28	67,124	88,192
Taxa	66,01	63,610	82,620

### 5.3. ESTIMATIVA DA IDADE E PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS PARA TODAS AS ÁRVORES AMOSTRADAS

Para a estimativa das idades das árvores que não atingiram a medula no momento da tradagem, foi utilizada a metodologia para a estimativa em função do crescimento, em que foi dividido o valor do DAP da árvore pela valor do crescimento médio em diâmetro. Foi observado que esta metodologia apresenta aderência para estimativa da idade para as árvores em que a tradagem atingiu a medula e pela simplicidade em se realizar as estimativas, foi este o método adotado para a estimativadas idades das demais árvores, porque todas foram iguais estatisticamente ao valor real.

### 5.3.1. *Araucaria angustifolia*

Na TABELA 12 são apresentados o DAP medido, o DAP não tratado (centro da árvore), número de anéis da amostra e a idade estimada das árvores de araucária.

Uma porção representativa (13%) das árvores apresentou amostras com mais de 80 cm e portanto, o trado usado (40 cm) não atingiu a medula, inviabilizando a obtenção da idade real da árvore. Outras árvores apresentavam a medula deslocada e muitas vezes não foi possível encontrá-las, mesmo quando tinham dimensões inferiores a 80 cm de diâmetro (exemplo: árvore 13 de Caçador na TABELA 12, dentre outras). A idade estimada foi, então, obtida pela divisão do diâmetro pelo incremento, a qual foi também utilizada para a estimativa das idades das árvores que apresentaram a medula na tradoagem.

Neste caso, a idade estimada média dos indivíduos variou de 71 anos (Três Barras) a 264 (Caçador) demonstrado, assim, a grande variabilidade das idades nos diferentes locais. Era esperada esta grande diferença de idade dos locais, em consequência do diâmetro médio das árvores amostradas, que em Caçador foi de 74,76 cm contra 32,12 cm em Três Barras, o que pode refletir um nível de conservação das araucárias mais elevado para Caçador.

Obviamente em decorrência dessa grande variação de idades por árvore amostrada, obteve-se uma maior quantidade de repetições (cerca de 30) por idade para os últimos 50 anos (FIGURA 14), considerando-se que são raras as árvores amostradas com menos de 50 anos de idade. A quantidade de repetições diminuiu drasticamente para as idades mais avançadas, por exemplo com mais de 120 anos, no caso da amostra de Caçador, onde as árvores eram mais velhas.

TABELA12 - IDADE, DAP MEDIDO E OBSERVADO DAS AMOSTRAS DE *Araucaria angustifolia* ENCONTRADAS NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL.

\*DAP med: Diâmetro à altura do peito medido em centímetros (diâmetro real sem casca); DAP obs: Diâmetro à altura do peito (em centímetro) não contemplado na tráfegem

arv	Caçador - SC				Chapecó – SC				Iratí – PR				São Francisco de Paula - RS				São João do Triunfo - PR				Três Barras - SC			
	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est
1	107,19	54,30	172	349	19,44	2,23	38	43	30,93	9,29	59	84	19,39	0,31	65	66	64,14	10,16	91	108	39,36	10,53	35	48
2	61,97	12,20	203	253	34,71	4,75	55	64	63,97	18,66	145	205	90,34	40,81	93	170	53,79	9,92	95	116	20,31	7,90	43	70
3	111,29	49,70	235	425	23,03	5,32	56	73	17,22	0,19	35	35	36,24	3,55	90	100	28,17	5,12	89	109	32,30	1,77	62	66
4	38,88	7,50	146	181	28,70	0,03	55	55	30,79	1,49	94	99	48,00	0,11	93	93	34,22	6,48	74	91	52,04	13,36	60	81
5	61,71	10,44	165	199	44,05	7,00	59	70	50,91	14,05	57	79	63,60	22,62	65	101	38,36	6,72	78	95	33,92	6,28	38	47
6	88,55	34,66	224	368	59,68	11,82	53	66	60,80	8,68	72	84	54,61	12,52	97	126	24,96	0,83	57	59	13,01	0,10	56	56
7	93,42	33,42	215	335	43,84	7,97	67	82	76,02	27,77	165	260	69,31	17,74	93	125	14,80	1,61	55	62	43,35	7,30	50	60
8	109,46	72,24	200	588	21,22	10,40	61	120	78,25	13,06	78	94	33,20	3,98	62	70	49,97	13,31	79	108	35,44	4,78	74	86
9	125,02	79,44	118	324	13,95	3,57	63	85	53,78	13,86	69	93	20,54	0,72	94	97	53,95	25,33	80	151	39,86	1,66	61	64
10	73,20	28,12	137	222	26,90	5,13	27	33	48,24	12,85	41	56	24,08	3,70	95	112	47,75	18,65	84	138	31,63	12,03	69	111
11	69,79	21,25	171	246	44,07	15,04	33	50	60,36	12,93	61	78	23,11	3,91	45	54	31,51	6,04	77	95	32,74	8,60	48	65
12	116,55	58,73	121	244	18,70	1,08	67	71	52,69	8,50	54	64	54,97	16,48	64	91	36,92	10,13	58	80	39,34	9,14	67	87
13	44,54	11,51	58	78	45,13	17,93	64	106	46,80	9,60	67	84	27,61	13,45	27	53	33,58	9,10	63	86	31,54	0,88	49	50
14	52,78	11,75	75	96	23,07	5,83	68	91	68,29	36,08	57	121	39,97	7,20	105	128	25,15	0,07	64	64	31,69	3,51	32	36
15	121,75	56,14	233	432	43,13	0,15	68	68	25,67	4,59	60	73	58,65	18,94	104	154	77,99	42,08	57	124	42,81	1,45	70	72
16	55,22	16,57	125	179	30,64	7,52	59	78	44,77	5,69	72	82	34,84	4,33	69	79	42,81	10,98	96	129	42,56	8,52	49	61
17	93,29	37,24	145	241	41,69	0,01	101	101	42,19	8,61	61	77	18,43	3,16	55	66	33,58	11,97	84	131	33,36	5,60	53	64
18	27,63	5,24	116	143	28,56	3,16	78	88	79,74	26,35	74	111	43,16	10,55	85	112	29,92	2,54	58	63	20,43	2,60	38	44
19	56,39	12,35	200	256	36,76	8,15	105	135	80,17	49,43	64	167	22,14	1,54	75	81	28,81	2,87	58	64	17,23	0,44	47	48
20	72,04	30,67	128	223	46,07	11,34	77	102	51,38	2,69	75	79	17,00	4,29	55	74	33,74	4,09	79	90	25,32	5,59	50	64
21	56,22	25,60	154	283	35,04	1,74	54	57	57,43	9,13	61	73	20,33	1,68	80	87	36,61	8,12	125	161	26,69	5,12	52	64
22	49,24	17,72	175	273	38,51	9,19	82	108	50,90	10,81	52	66	32,27	5,43	74	89	49,66	16,29	85	126	27,94	6,69	51	67
23	87,13	34,87	199	332	32,14	16,07	47	94	50,81	10,13	70	87	77,39	24,88	99	146	32,79	6,18	73	90	31,71	8,05	48	64
24	72,68	19,99	196	270	39,46	1,79	95	100	74,11	32,66	60	107	26,68	6,35	63	83	34,70	10,31	76	108	18,37	5,71	42	61
25	50,19	14,53	187	263	48,89	8,04	91	109	95,18	38,64	77	130	32,41	8,65	59	80	40,11	4,70	85	96	65,44	16,72	182	244
26	84,12	28,62	172	261	18,99	0,14	79	80	65,71	21,93	198	297	49,83	13,65	93	128	20,05	1,76	69	76	30,74	4,86	59	70
27	38,04	0,78	137	140	19,04	1,09	93	99	77,78	31,91	49	83	30,51	1,10	68	71	36,61	9,55	83	112	31,97	6,80	58	74
28	80,47	49,33	125	323	43,83	6,27	78	91	106,73	47,50	104	187	50,01	7,13	92	107	33,74	6,26	75	92	15,88	4,83	34	49
29	79,49	23,72	143	204	39,43	5,21	92	106	68,30	17,25	161	215	22,92	6,29	68	94	85,94	29,72	79	121	31,93	12,06	49	79
30	64,51	11,09	158	191	35,45	11,25	94	138	80,89	23,48	215	303	42,56	9,75	101	131	28,65	7,79	64	88	25,49	9,57	46	74
méd.	74,76	28,99	161	264	34,14	6,31	69	85	59,69	17,59	84	119	39,47	9,16	78	99	39,43	9,96	76	101	32,15	6,42	56	71

(onde o trado não chegou, parte central da árvore); nº de anéis: número de anéis de crescimento encontrados na respectiva amostra; Idade est.: Idade estimada da árvore em anos.



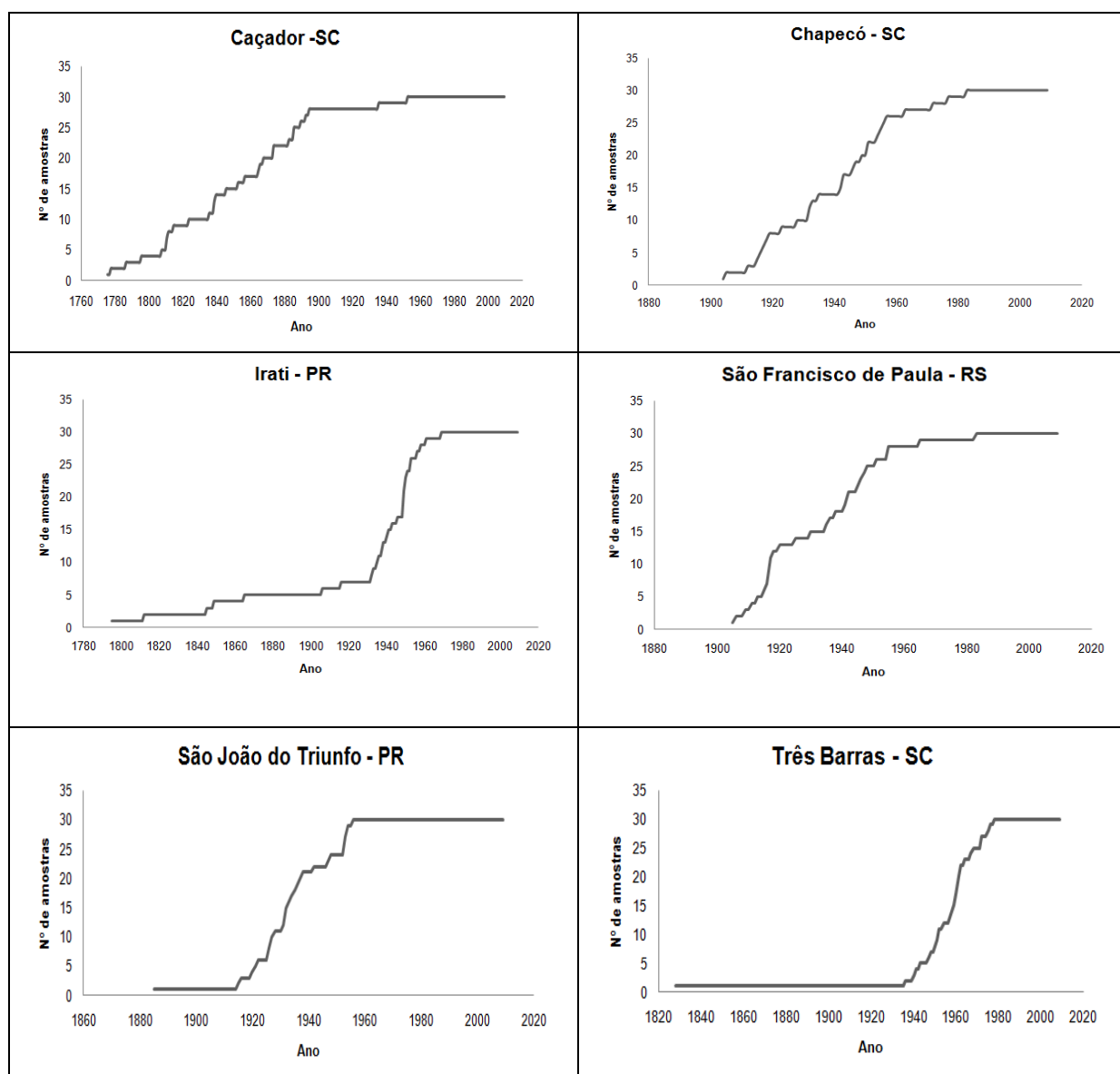


FIGURA14 - NÚMERO DE REPETIÇÕES DAS AMOSTRAS DE *A. angustifolia* POR ANO E POR LOCAL DO SUL DO BRASIL.

Fisher et al. (2009) avaliaram a estrutura etária de uma população de *Araucaria angustifolia* de um remanescente florestal primário sem exploração madeireira localizada no município de Bom Jardim da Serra, estado de Santa Catarina, destacando que as idades das árvores variaram de 70 a 248 anos, enquanto que os diâmetros variaram de 25 a 122 cm. Lisi (2009) verificou que as araucárias no Parque Nacional de Itatiaia apresentavam idade variando de 64 até 308 anos. Seitz e Kanninen (1988) realizaram estudo dendrocronológico em 10 árvores de *Araucaria angustifolia* localizadas na Estação Experimental de São João

do Triunfo, estado do Paraná e encontraram uma idade média de 65 anos variando entre 55 a 90 anos na altura de 2 m; o diâmetro médio aos 2 metros de altura foi de 30,1 cm.

#### 5.3.1.1. Idade estimada da *Araucaria angustifolia* por classe de diâmetro

Na TABELA13, pode ser visualizada a idade estimada da araucária nos diferentes locais e nas diferentes classes de diâmetro (amplitude de 10 cm).

TABELA13 -IDADE ESTIMADA DA *A.angustifolia* POR CLASSE DE DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO COM CASCA.

Classe de DAP(cm)	Idade média (anos) em cada local*						Média geral
	CA	CH	IR	SF	SJ	TB	
15	-	75,4	35,4	68,7	61,7	53,6	63,9
25	143,1	76,6	73,1	82,6	74,8	63,9	77,3
35	160,4	97,6	91,6	89,5	102,5	67,5	90,2
45	175,8	86,6	74,8	116,2	119,5	64,6	99,5
55	215,4	66,1	82,5	119,5	133,6	80,7	125,5
65	222,0	-	166,6	112,9	108,1	244,5	176,2
75	229,9	-	130,9	145,9	123,8	-	167,6
85	320,9	-	234,9	169,6	120,8	-	267,7
95	288,0	-	129,6	-	-	-	218,8
105	468,4	-	187,4	-	-	-	374,7
115	334,3	-	-	-	-	-	334,3
125	378,0	-	-	-	-	-	378,0
<b>Média</b>	<b>266,9</b>	<b>80,5</b>	<b>120,7</b>	<b>113,1</b>	<b>105,6</b>	<b>95,8</b>	<b>197,8</b>

\* CA = Caçador; CH = Chapecó; IR = Irati; SF = São Francisco de Paula; SJ = São João do Triunfo; TB = Três Barras. Idades médias obtidas por meio de médias ponderadas entre as classes

Indivíduos com mais de 110 cm de diâmetro foram observados somente em Caçador e também apresentaram as maiores idades (334,3 anos na classe 115 e 378 anos na classe 125), com exceção da classe de 105 que apresentou a maior idade em Caçador. A idade média de todos os locais apresentou uma tendência crescente, ou seja, à medida que a árvore atinge maiores dimensões, também apresenta maior idade (FIGURA 15), o que seria um resultado esperado. Também se observou que os indivíduos com menores dimensões (entre 10 e 20 cm de DAP) tiveram idades menores, com média de 63,9 anos, variando de 35,4 anos (Irati) a 75,4 anos (Chapecó), sendo que não foram encontrados indivíduos nesta

classe em Caçador. Já a idade média da classe seguinte é de 77,3 anos, ou seja, uma diferença não muito grande em relação à classe anterior. Isso indica que, até atingir a dimensão da primeira classe, as árvores passaram por um período de crescimento em diâmetro desfavorável, provavelmente suprimidas pelas árvores de maiores dimensões, resultando na necessidade de um maior período de tempo para atingirem as primeiras classes de diâmetro.

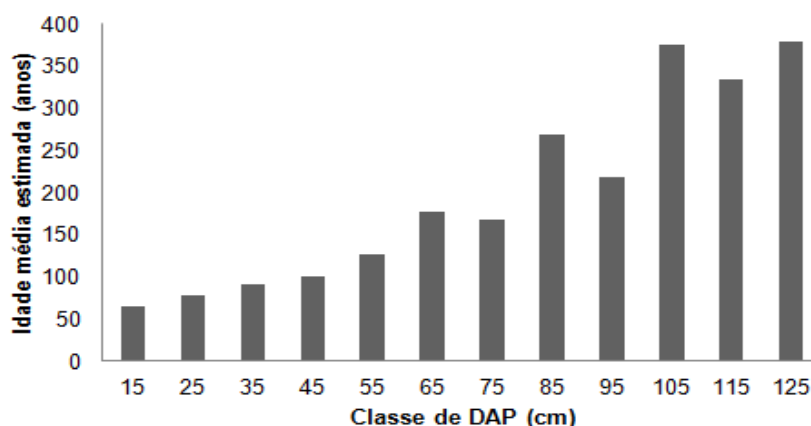


FIGURA15 -MÉDIA DAS IDADES ESTIMADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE *A. angustifolia* ESTUDADOS.

### 5.3.2. *Cedrela fissilis*

No que diz respeito às estimativas para o cedro, observa-se na TABELA 14 o DAP medido, o DAP não tratado (centro da árvore), número de anéis da amostra e, a idade estimada das árvores.

A idade estimada dos cedros amostrados nos diferentes locais variou de 50 anos (São Francisco de Paula – RS) a 109 anos (Irati). Em Caçador, também foi necessário realizar a coleta de indivíduos fora das parcelas permanentes para completar o número de indivíduos pré-estabelecidos.

TABELA14 -IDADE, DAP MEDIDO E OBSERVADO DAS AMOSTRAS DE *C. fissilis* ENCONTRADAS NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL.

arv	Caçador - SC				Chapecó – SC				Iratí – PR				São Francisco de Paula-RS				São João do Triunfo - PR				Três Barras - SC			
	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est
1	76,67	14,50	115	142	14,40	3,17	47	60	23,72	0,12	27	27	29,14	4,34	52	61	14,24	0,67	29	30	30,95	3,24	55	61
2	76,64	12,24	98	117	20,14	0,50	92	94	51,73	12,55	175	231	22,68	2,00	51	56	21,50	9,02	32	55	36,69	7,87	113	144
3	20,62	3,45	65	78	16,47	0,21	39	39	27,70	10,99	70	116	9,72	0,77	43	47	17,97	6,65	32	51	65,51	15,17	165	215
4	44,10	13,77	98	142	25,36	5,84	65	84	34,71	0,21	80	80	18,34	2,65	51	60	16,42	8,16	26	52	13,84	2,02	52	61
5	16,91	2,12	36	41	31,87	1,60	91	96	50,11	11,70	84	110	21,93	2,57	31	35	9,97	3,08	24	35	19,36	4,53	49	64
6	47,44	6,58	46	53	13,85	0,65	58	61	62,62	19,61	109	159	13,12	1,75	22	25	10,90	0,59	19	20	18,69	1,37	58	63
7	27,59	9,95	35	55	29,67	5,51	86	106	38,88	25,95	59	177	20,37	3,49	47	57	11,69	2,56	22	28	20,25	0,23	53	54
8	37,67	0,43	97	98	18,04	0,64	61	63	18,53	0,20	57	58	46,43	1,27	50	51	12,45	2,69	32	41	36,21	7,00	106	131
9	49,89	9,35	119	146	41,50	3,39	75	82	21,66	4,40	65	82	22,18	6,96	37	54	16,79	0,71	30	31	15,82	4,92	46	67
10	32,38	0,68	101	103	45,21	15,70	51	78	33,75	8,12	54	71	20,80	2,54	23	26	12,40	3,66	31	44	29,34	4,77	63	75
11	52,53	5,98	98	111	29,68	7,33	66	88	35,75	5,43	91	107	23,07	3,94	26	31	15,35	2,16	31	36	24,95	6,99	57	79
12	59,43	6,56	88	99	23,69	0,84	80	83	24,98	0,87	71	74	13,56	2,79	20	25	12,78	2,95	28	36	22,91	4,92	57	73
13	39,47	4,47	55	62	41,99	2,00	56	59	32,92	5,36	75	90	26,77	6,12	51	66	13,84	2,56	33	40	27,49	5,28	62	77
14	26,68	6,10	55	71	59,40	18,63	83	121	53,20	20,17	69	111	28,75	4,05	43	50	11,11	1,94	36	44	36,79	6,88	98	121
15	20,77	0,08	49	49	50,23	21,83	75	133	47,20	15,57	97	145	46,66	8,30	58	71	20,89	5,64	31	42	16,66	2,46	43	50
16	55,92	8,58	103	122	18,94	1,15	93	99	55,11	12,04	116	148	33,57	9,79	40	56	22,29	0,19	26	26	43,69	26,32	52	131
17	36,47	16,59	69	127	25,31	6,44	68	91	22,54	1,61	36	39	15,85	1,36	38	42	37,97	5,96	120	142	17,08	6,79	41	68
18	52,15	12,83	86	114	37,03	6,81	91	111	55,25	11,23	166	208	25,83	7,49	49	69	54,98	14,11	110	148	14,11	1,36	41	45
19	31,40	1,03	85	88	50,58	12,51	106	141	45,32	1,13	127	130	29,71	0,02	56	56	22,95	3,85	43	52	15,43	3,52	41	53
20	61,16	20,48	79	119	33,28	10,62	80	117	58,96	15,33	84	114	36,70	3,91	53	59	41,91	9,77	30	39	13,70	0,46	60	62
21	42,71	0,04	81	81	19,83	0,43	59	60	45,79	9,34	114	143	-	-	-	-	20,10	5,02	39	52	22,20	0,22	92	93
22	34,26	6,21	77	94	41,59	12,14	71	100	44,26	4,53	89	99	-	-	-	-	38,22	2,00	101	107	25,68	14,17	39	87
23	39,37	8,28	68	86	20,85	5,68	55	76	58,05	16,76	66	93	-	-	-	-	59,22	3,78	92	98	14,24	1,03	45	49
24	26,61	0,11	128	129	31,12	3,33	80	90	29,43	3,35	54	61	-	-	-	-	38,11	15,24	83	138	16,05	0,25	44	45
25	64,08	21,92	66	100	36,71	15,72	58	101	39,17	13,45	93	142	-	-	-	-	53,99	11,30	122	154	25,79	9,16	85	132
26	52,35	19,00	109	171	41,59	3,33	46	50	35,91	8,25	93	121	-	-	-	-	24,28	5,79	54	71	45,48	31,25	48	153
27	46,56	12,13	67	91	18,08	2,51	64	74	42,24	18,88	60	108	-	-	-	-	23,60	0,02	49	49	14,82	1,82	41	47
28	42,28	0,03	131	131	26,44	1,51	62	66	24,20	1,03	51	53	-	-	-	-	31,90	7,20	63	81	16,20	0,14	61	62
29	48,25	2,48	123	130	25,13	4,58	65	80	42,43	6,10	67	78	-	-	-	-	35,27	9,44	97	132	29,18	13,18	88	161
30	55,76	11,49	126	159	39,58	21,69	51	113	-	-	-	-	-	-	-	-	31,46	8,94	70	98	35,14	0,68	84	86
méd.	43,94	7,92	85	104	30,92	6,54	69	87	39,87	9,11	83	109	25,26	3,80	42	50	25,15	5,19	51	66	25,47	6,27	65	87

\*DAP med: Diâmetro à altura do peito medido em centímetros (diâmetro real sem casca); DAP obs: Diâmetro à altura do peito (em centímetro) não contemplado com a tradoagem (onde o trado não chegou, parte central da árvore); nº de anéis: número de anéis de crescimento encontrados na respectiva amostra; Idade est.: Idade estimada da árvore em anos.

Dentre as amostras das três espécies que foram estudadas, as do cedro foram as que mais se aproximaram da medula, e pode-se verificá-la em muitas vezes, onde o diâmetro não tratado (centro da árvore) variou de 3,8 cm (São Francisco de Paula) a 9,1 cm (Irati) para esta espécie. Uma forma de explicar esta tradição mais próxima da medula, é o fato de a madeira ser mais leve para realizar a tradição e os indivíduos não possuírem grandes dimensões, ou seja, os diâmetros medidos (diâmetro real da árvore) variaram de 25,15 cm (São João do Triunfo) a 43,94 cm (Caçador).

Na FIGURA 16 observa-se em todos os locais, que até próximo do ano de 1960 tem-se uma grande quantidade de repetições das amostras, ocorrendo uma diminuição gradativa à medida que as amostras ficam mais velhas.

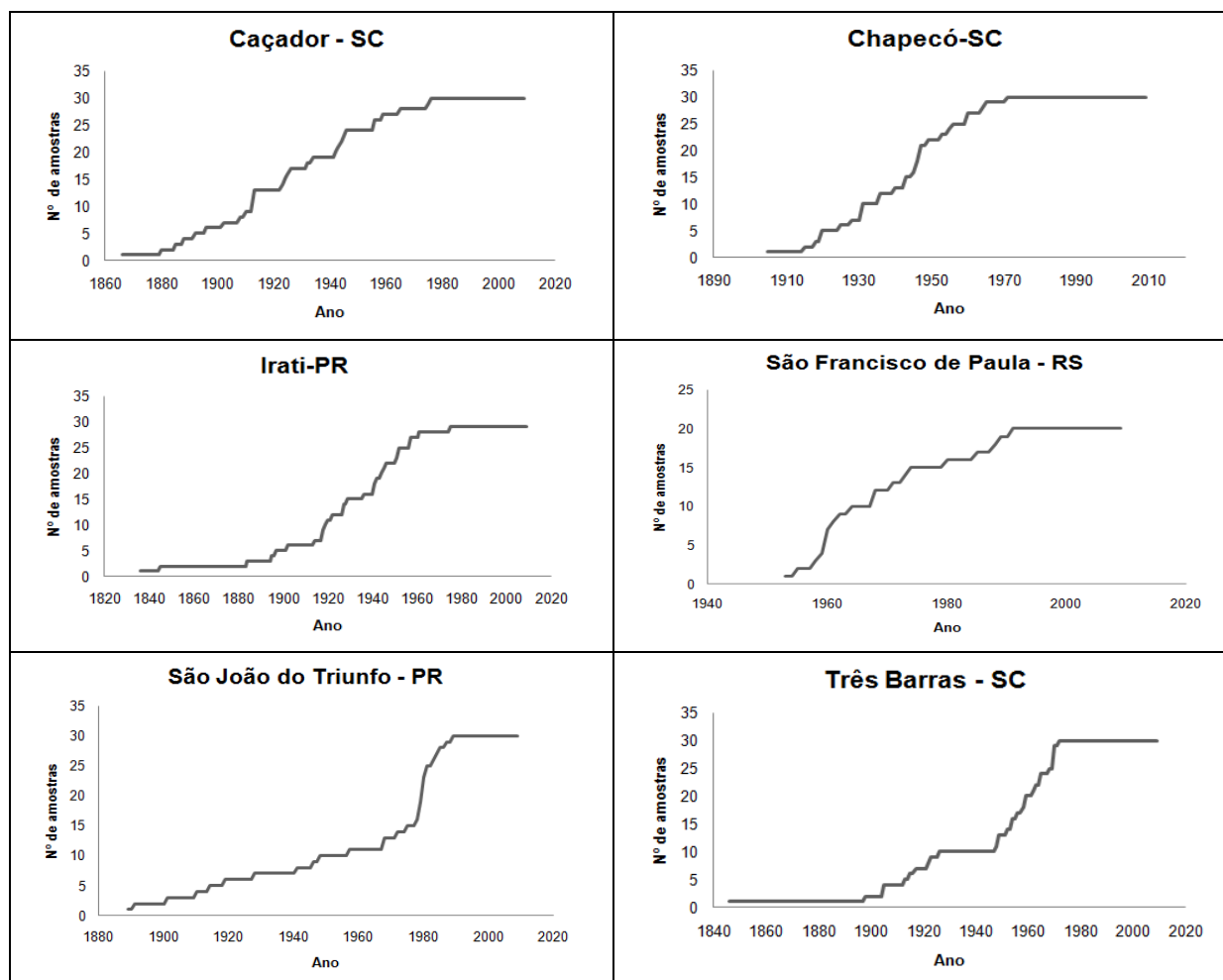


FIGURA16 -NÚMERO DE REPETIÇÕES DAS AMOSTRAS DE *C. fissilis* POR ANO E POR LOCAL DO SUL DO BRASIL.

Somente as amostras de São Francisco de Paula, possuem uma grande quantidade de indivíduos até 1990, em consequência dos indivíduos serem de menores dimensões e de menor idade.

#### 5.3.2.1. Idade estimada da *Cedrela fissilis* por classe de diâmetro

As médias da idade estimada do cedro por classes de diâmetro (de 10 cm de amplitude) nos diferentes locais podem ser visualizados na TABELA 15.

TABELA15 -IDADE ESTIMADA DE *C. fissilis* POR CLASSE DE DIÂMETRO

Classe de DAP	Idade média em cada local						Média geral
	CA*	CH*	IR*	SF*	SJ*	TB*	
15,0	41,2	65,4	57,6	39,7	37,6	56,5	49,5
25,0	76,4	85,2	64,5	51,0	49,6	92,2	69,6
35,0	94,0	104,8	112,6	57,9	116,5	108,6	104,0
45,0	110,7	73,8	117,3	61,0	39,1	142,1	99,7
55,0	129,2	131,5	145,0	-	133,5	-	136,0
65,0	109,6	-	158,7	-	-	214,7	148,1
75,0	129,2	-	-	-	-	-	129,2
<b>Média</b>	<b>98,6</b>	<b>92,1</b>	<b>109,3</b>	<b>52,4</b>	<b>75,3</b>	<b>122,8</b>	<b>105,2</b>

\* CA = Caçador; CH = Chapecó; IR = Irati; SF = São Francisco de Paula; SJ = São João do Triunfo; TB = Três Barras. Idades médias obtidas por meio de médias ponderadas entre as classes.

Indivíduos com diâmetros maiores que 70 cm de diâmetro foram encontrados somente em Caçador e com isso a idade estimada média na classe de centro 75 é contemplada somente com os valores deste local, justificando assim a diminuição da idade estimada em relação à classe de 65.

De maneira geral, as idades por classe de diâmetro apresentam-se com valores crescentes à medida que aumentaram os diâmetros (FIGURA 17). Em comparação com resultados da araucária, percebe-se que o cedro apresenta idade estimada média menor em relação a todas as classes de diâmetro, em consequência de um crescimento maior desta espécie em relação à araucária, ou mesmo pelo fato de a araucária ser uma espécie mais longeva em relação ao cedro.

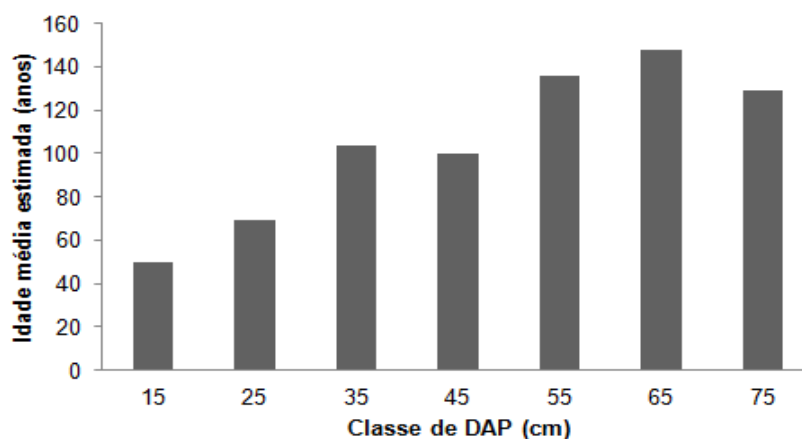


FIGURA17 -MÉDIA DAS IDADES ESTIMADAS PARA OS INDIVÍDUOS DE *C. fissilis* DE TODOS OS LOCAIS.

### 5.3.3. *Ocotea porosa*

Para a imbuia, as estimativas da idade, número de anéis nas amostras, DAP medido, o DAP não tratado (centro da árvore), podem ser observados na TABELA 16.

A menor variação da idade, dentre as três espécies estudadas, foi verificada na imbuia, ou seja dos quatros locais onde foram coletadas amostras desta espécie, em três deles a idade estimada média foi superior a 120 anos, sendo que em Caçador chegou a 196 anos. Em Três Barras a idade média estimada dos indivíduos foi de 65 anos, indicando que estes indivíduos amostrados eram regenerações de uma exploração ocorrida no passado.

Em contrapartida, nas amostras de Três Barras conseguiu-se atingir a medula em grande parte dos indivíduos, o que auxiliou no entendimento do crescimento inicial desta espécie.

Em relação ao diâmetro medido, este variou de 26,76 cm (Três Barras) a 54,21 cm (São João do Triunfo), indicando um maior estágio de conservação das árvores de imbuia de São João do Triunfo, Irati e Caçador.

TABELA16 -IDADE, DAP MEDIDO E OBSERVADO DAS AMOSTRAS DE *O. porosa* ENCONTRADAS NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL.

arv	Caçador- SC				Irati- PR				São João do Triunfo - PR				Três Barras - SC			
	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est	DAP med	DAP obs	nº de anéis	idade est
1	56,45	8,70	249	294	27,12	3,93	132	154	33,18	3,74	77	87	32,49	0,25	69	70
2	46,00	7,23	228	270	62,01	11,64	123	151	41,04	10,01	79	104	23,25	0,39	64	65
3	54,10	7,47	207	240	19,37	1,30	95	102	57,38	5,30	60	66	25,35	0,42	60	61
4	62,43	13,04	255	322	64,92	8,58	194	224	65,29	12,20	160	197	23,62	5,70	56	74
5	34,88	0,87	154	158	27,47	8,07	71	101	54,68	1,49	144	148	22,32	1,92	85	93
6	49,76	0,07	168	168	54,79	5,59	161	179	96,21	35,64	106	168	24,15	5,18	45	57
7	36,02	6,11	160	193	60,65	11,35	99	122	37,03	6,90	83	102	37,90	3,44	79	87
8	23,99	1,59	150	161	54,48	23,07	80	139	41,99	11,94	117	164	22,70	0,16	65	65
9	46,74	7,93	177	213	22,71	0,29	62	63	64,80	10,59	111	133	15,25	2,86	44	54
10	55,81	7,15	167	192	21,72	0,13	53	53	74,87	19,10	164	220	17,73	3,76	58	74
11	28,72	3,52	138	157	33,27	9,98	68	97	48,47	10,42	98	125	23,88	0,48	62	63
12	70,32	9,55	129	149	32,98	1,26	74	77	31,61	10,72	101	153	15,46	0,08	26	26
13	45,10	11,90	140	190	44,62	4,01	101	111	58,74	5,47	108	119	18,20	0,10	46	46
14	45,06	4,08	167	184	55,99	11,08	154	192	38,57	1,67	100	105	38,24	0,82	39	40
15	41,03	2,36	192	204	57,38	0,57	169	171	51,66	19,04	82	130	34,40	4,04	73	83
16	37,95	2,71	170	183	52,56	6,92	120	138	61,92	14,62	103	135	40,51	0,29	62	62
17	34,69	2,26	121	129	74,47	19,61	69	94	31,41	4,32	107	124	53,67	1,08	76	78
18	37,88	0,15	159	160	59,16	11,34	173	214	52,67	0,61	110	111	57,35	6,68	95	108
19	63,87	7,42	230	260	88,62	32,96	76	121	73,80	2,69	99	103	22,07	2,88	51	59
20	66,86	9,02	153	177	71,01	18,97	117	160	56,05	9,29	102	122	22,46	2,19	52	58
21	55,27	7,78	214	249	66,06	14,38	162	207	27,49	0,13	97	97	21,52	1,01	44	46
22	26,79	2,61	92	102	42,20	9,43	76	98	54,80	0,20	99	99	28,18	4,26	83	98
23	57,37	11,65	145	182	30,98	14,19	51	94	59,00	10,45	107	130	14,56	0,21	65	66
24	58,82	7,52	169	194	24,15	0,55	46	47	50,25	4,46	106	116	11,90	0,11	41	41
25	37,81	7,06	201	247	66,59	27,34	74	126	53,66	12,29	102	132	17,29	4,15	48	63
26	31,90	10,81	126	191	53,97	20,50	82	132	47,65	2,76	111	118	22,78	0,61	44	45
27	30,16	2,54	150	164	35,19	4,27	79	90	56,91	8,35	104	122	15,77	0,12	45	45
28	41,45	13,12	150	219	38,34	5,52	101	118	92,23	53,45	217	516	11,98	1,81	39	46
29	46,37	2,46	133	140	32,04	5,23	60	72	55,02	9,46	115	139	18,92	1,15	54	57
30	46,31	3,59	178	193	54,09	6,71	152	174	57,78	0,35	90	91	68,87	31,49	63	116
méd.	45,66	6,08	169	196	47,63	9,96	102	127	54,21	9,92	109	139	26,76	2,92	58	65

\*DAP med: Diâmetro à altura do peito medido em centímetros (diâmetro real sem casca); DAP obs: Diâmetro à altura do peito (em centímetro) não contemplado com a tradagem (onde o trado não chegou, parte central da árvore); nº de anéis: número de anéis de crescimento encontrados na respectiva amostra; Idade est.: Idade estimada da árvore em anos



Quando se avalia o número de amostras de imbuia por ano (FIGURA 18), semelhante ao observado para araucária e cedro, até por volta de 1960 tiveram maior representatividade, com uma diminuição gradativa com o aumento dos anos. Porém nas amostras de Caçador (assim como na araucária) houve uma maior repetição de amostras até por volta do ano de 1880, e nas de São João do Triunfo até por volta de 1920.

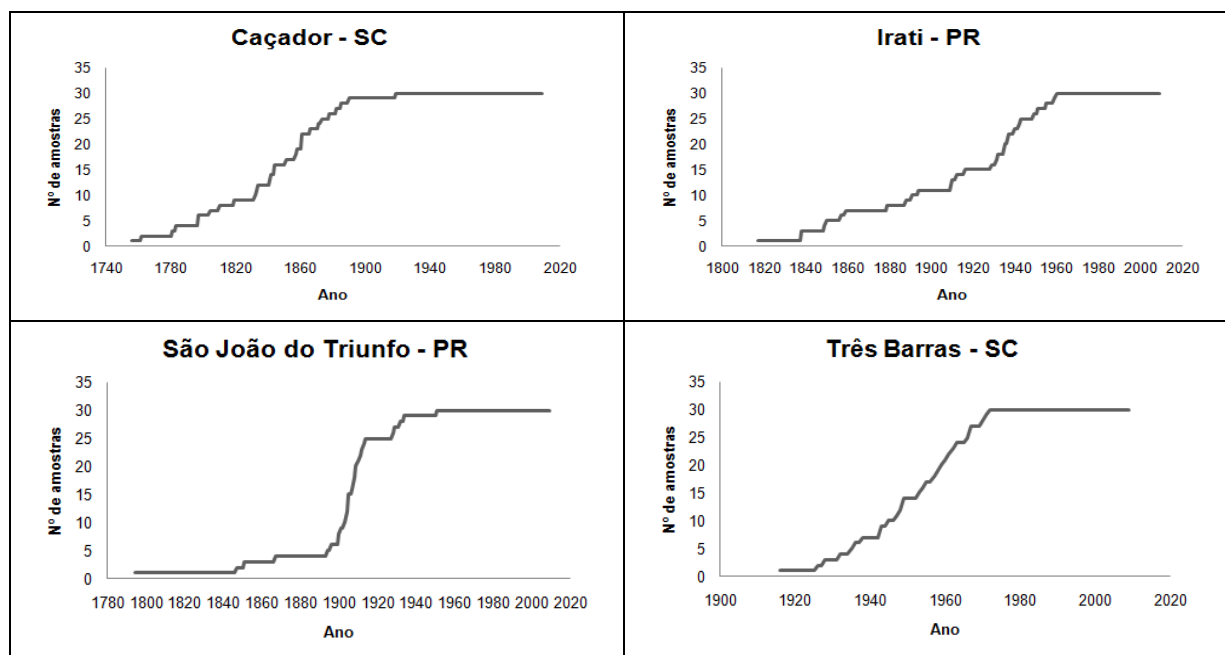


FIGURA18 -NÚMERO DE REPETIÇÕES DAS AMOSTRAS DE *O. porosa* POR ANO E POR LOCAL DO SUL DO BRASIL.

#### 5.3.3.1. Idade estimada da *Ocotea porosa* por classe de diâmetro

Ao analisar a TABELA 17 constata-se que a idade média estimada por classe de DAP da imbuia nos diferentes locais de estudo também manteve uma tendência crescente, com exceção das classes de diâmetro de 75 e 85, em que apresentaram idade menor que a classe 65. Isto pode estar relacionado a um maior crescimento em diâmetro nestas classes destacadas. Este fato pode ser melhor visualizado na FIGURA 19.

Com exceção da classe 95, que foi contemplada somente com indivíduos de São João do Triunfo, e que apresentou uma idade muito superior à da classe

anterior, nas demais classes a idade estimada média encontrada em todos os locais apresentam valores intermediários aos encontrados na araucária (maior) e cedro (menor) desta pesquisa.

TABELA17 -IDADE ESTIMADA DE *O. porosa* POR CLASSE DE DIÂMETRO

Classe de DAP	Idade média em cada local				Média geral
	CA	IR	SJ	TB	
15,0	-	101,8	-	51,9	56,5
25,0	140,0	83,6	97,5	65,4	81,9
35,0	178,0	91,3	114,0	69,7	123
45,0	198,0	104,4	127,7	62,5	160
55,0	225,1	167,3	117,4	92,5	152
65,0	253,1	165,9	154,8	116,1	181
75,0	149,3	126,7	161,5	-	145
85,0	-	121,0	-	-	121
95,0	-	-	342,2	-	342
<b>Média</b>	<b>190,6</b>	<b>120,3</b>	<b>159,3</b>	<b>76,4</b>	<b>151,4</b>

\* CA = Caçador; IR = Irati; SJ = São João do Triunfo; TB = Três Barras. Idades médias obtidas por meio de médias ponderadas entre as classes

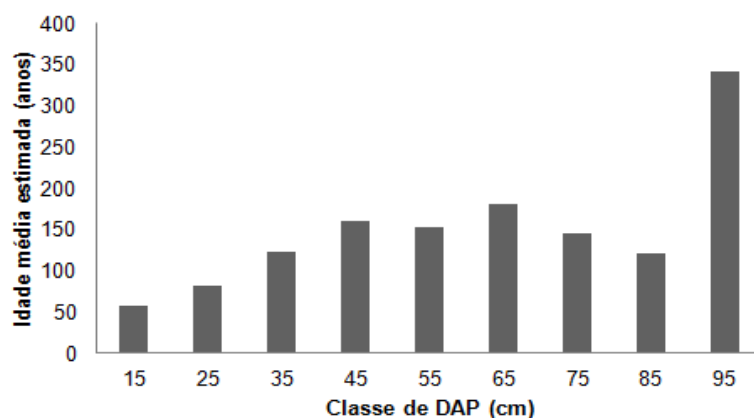


FIGURA19 -MÉDIA DAS IDADES ESTIMADAS PARA OS INDIVÍDUOS DE *O. porosa* DE TODOS OS LOCAIS.

#### 5.4. COMPARAÇÃO DO INCREMENTO EM DIÂMETRO NOS DIFERENTES LOCAIS

Na TABELA 18 pode ser observada a média, desvio padrão e coeficiente de variação do crescimento em diâmetro para a araucária, cedro e imbuia nos diferentes locais amostrados.

TABELA18–MÉDIA, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS INCREMENTOS EM DIÂMETRO POR LOCAL *A. angustifolia*, *C. fissilis* e *O. porosa*

Espécie	Local	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)	C.V. (%)
<i>Araucaria angustifolia</i>	Caçador	0,30	0,10	33,33
	Chapecó	0,44	0,17	39,36
	Irati	0,58	0,20	34,48
	São Francisco de Paula	0,39	0,10	25,64
	São João do Triunfo	0,40	0,10	25,00
	Três Barras	0,49	0,14	28,86
<i>Cedrela fissilis</i>	Caçador	0,44	0,14	32,14
	Chapecó	0,37	0,14	38,22
	Irati	0,40	0,10	25,00
	São Francisco de Paula	0,53	0,17	32,68
	São João do Triunfo	0,42	0,17	41,24
	Três Barras	0,31	0,06	20,40
<i>Ocotea porosa</i>	Caçador	0,24	0,07	29,46
	Irati	0,39	0,10	25,64
	São João do Triunfo	0,43	0,14	32,89
	Três Barras	0,41	0,14	34,49

Aplicou-se o Teste de Bartlett para os incrementos em diâmetro, considerando-se cada local como tratamento e o número de árvores como repetições, e verificou-se que as variâncias dos tratamentos não foram homogêneas, sendo aplicada a transformação dos incrementos das árvores das três espécies (calculado o inverso de cada valor). Com os dados transformados realizou-se novamente o teste de Bartlett que apresentou homogeneidade das variâncias para todos os casos a 1% de significância.

Como as variâncias das tratamentos apresentaram homogeneidade, foi realizada a análise de variância (ANOVA) que está representada na TABELA 19.

TABELA19 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O INCREMENTO DE *A. angustifolia*, *C. fissilis* e *O. porosa*

Espécie	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
<i>Araucaria angustifolia</i>	Tratamentos (Locais)	5	45,46	9,09	9,98*	0,0000
	Resíduo	174	158,39	0,91		
	Total	179	203,85			
<i>Cedrela fissilis</i>	Tratamentos (Locais)	5	24,67	4,93	7,57*	0,0000
	Resíduo	163	106,20	0,65		
	Total	168	130,88			
<i>Ocotea porosa</i>	Tratamentos (Locais)	3	72,36	24,12	26,17*	0,0000
	Resíduo	116	106,91	0,92		
	Total	119	179,27			

NOTA:\*= significativo a 1%.

Os resultados do teste F mostrados na TABELA 19, apresentaram um valor calculado maior que o valor crítico (3,13 para a araucária e cedro e 3,95 para a imbuia) a 1% de significância, indicando que pelo menos uma média apresenta diferença estatística das demais. Também se observa que o teste F apresentou o p-valor significativo, validando assim a realização do teste para todas as espécies.

Para identificar as médias que apresentaram diferença significativa pelo teste F, aplicou-se o teste de Tukey (TABELA 20).

TABELA20 -SUMARIZAÇÃO DAS MÉDIAS DE INCREMENTO POR ESPÉCIE.

<b>Espécie</b>	<b>Local</b>	<b>Incremento Médio (cm.ano<sup>-1</sup>)</b>
<i>Araucaria angustifolia</i>	Caçador	0,30a
	São Francisco de Paula	0,39b
	São João do Triunfo	0,40b
	Chapecó	0,44bc
	Três Barras	0,49bc
	Irati	0,58c
<i>Cedrela fissilis</i>	Três Barras	0,31a
	Chapecó	0,37ab
	Irati	0,40bc
	São João do Triunfo	0,42bc
	Caçador	0,44bc
	São Francisco de Paula	0,53c
<i>Ocotea porosa</i>	Caçador	0,24a
	Irati	0,39b
	Três Barras	0,41b
	São João do Triunfo	0,43b

Médias seguidas da mesma letra, entre cada espécie, não diferem estatisticamente a 1%.

Observa-se que o crescimento em diâmetro da araucária de Caçador é o menor e estatisticamente diferente dos demais locais, assim como o de Irati que apresentou crescimento diferente dos demais locais, exceto para São João do Triunfo e Três Barras, que tem crescimento similar a Chapecó e São Francisco de Paula.

Algumas pesquisas realizadas com parcelas permanentes em diferentes locais do sul do Brasil encontraram valores de crescimento em diâmetro médio para a araucária semelhantes aos desta pesquisa (TABELA 20). Figueiredo Filho et al. (2010) encontraram na Floresta Nacional de Irati incremento de 0,45 cm/ano;

Schaaf(2001), em São João do Triunfo - PR, obteve 0,32 cm/ano de crescimento; Durigan(1999), em São João do Triunfo – PR, observou um valor de 0,42 cm/ano; Pizatto (1999), em São João do Triunfo – PR, encontrou 0,19 cm/ano; Rivera (2007), em Caçador – SC usando dados de análise de tronco parcial, obteve 0,45 cm/ano; Cubas (2011), em Três Barras – SC, observou um valor de 0,27 cm/ano de incremento diamétrico da araucária.

Os valores de incrementos médios por classe de diâmetro (amplitude de 10 cm) da araucária obtidos nos diferentes locais amostrados podem ser observados na FIGURA 20.

O crescimento em diâmetro da araucária nos diferentes locais se apresenta de maneira diferenciada nas diferentes classes avaliadas. De maneira geral, em Irati apresenta um maior crescimento médio nas três primeiras classes enquanto que em Chapecó o crescimento na quarta e quinta classe apresentam os maiores valores. Também é possível observar uma sequência de diminuição do crescimento diamétrico médio à medida que o DAP aumenta, demonstrando a perda de potencial de crescimento das árvores com o aumento das dimensões e, conseqüentemente, da idade dos indivíduos.

Em relação ao cedro, observa-se que a média do crescimento em diâmetro de Três Barras apresentou-se diferente dos demais locais, exceto para Chapecó, que tem crescimento similar a Caçador, Irati e São João do Triunfo. Por outro lado, São Francisco de Paula apresenta diferença estatística dos demais locais, exceto para São João do Triunfo, Irati e Caçador.

Os incrementos diamétricos médios do cedro obtidos nesta pesquisa apresentam comportamento semelhante ao obtido por alguns pesquisadores que trabalharam com monitoramento de parcelas permanentes em Floresta Ombrófila Mista, sendo possível destacar: Figueiredo Filho et al.(2010) em Irati – PR, encontraram incremento de 0,36 cm/ano; Schaaf (2001), em São João do Triunfo - PR, obteve 0,47 cm/ano de crescimento; Durigan(1999), em São João do Triunfo - PR, observou um valor de 0,56 cm/ano; Pizatto (1999), em São João do Triunfo – PR, encontrou 0,31 cm/ano; Rivera (2007), em Caçador – SC, usando dados de análise de tronco parcial, obteve 0,58 cm/ano; Cubas (2011), em Três Barras – SC, observou um valor de 0,36 cm/ano.

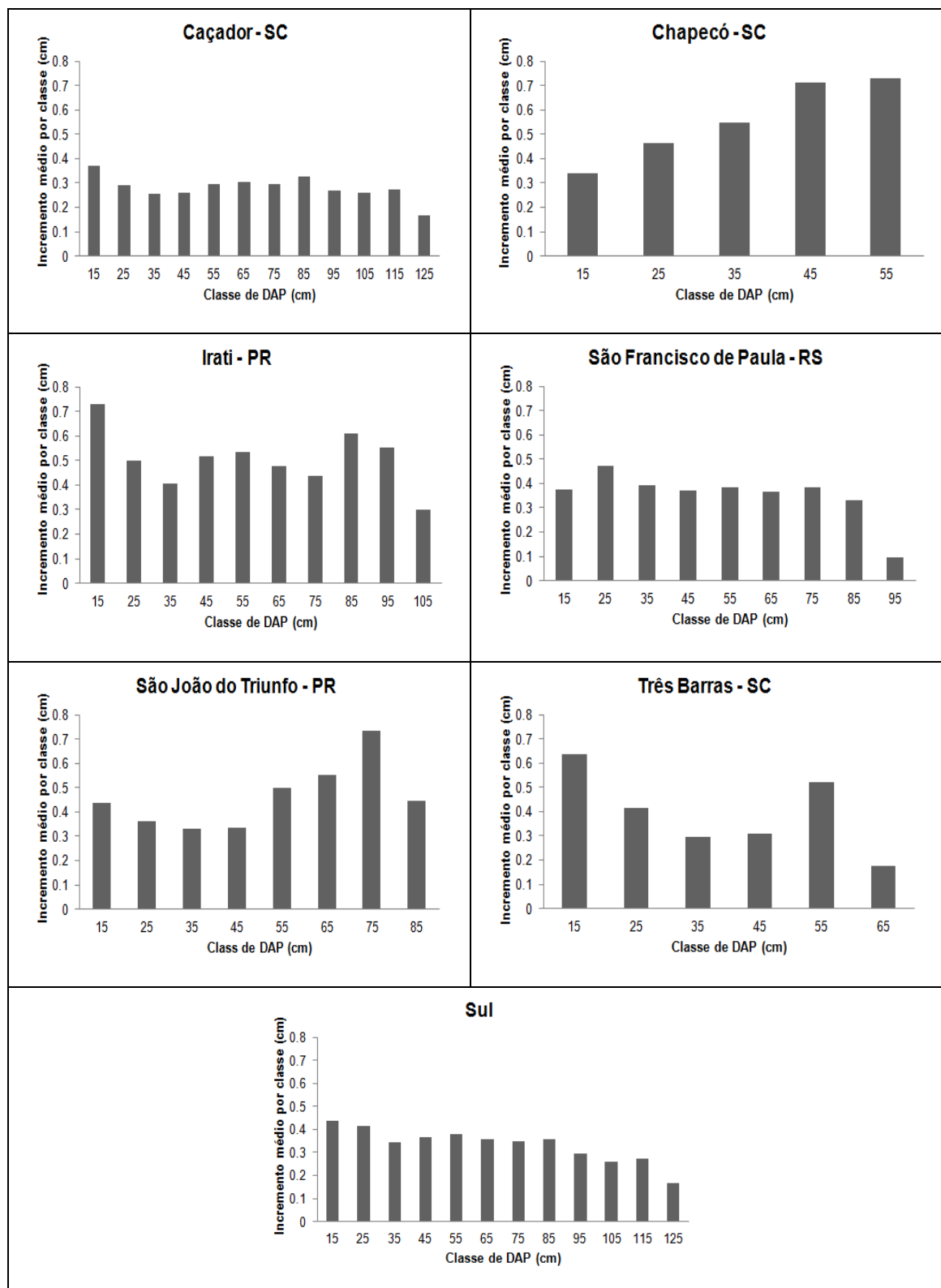


FIGURA20 -INCREMENTO DIAMÉTRICO MÉDIO ANUAL DE *A. angustifolia* POR CLASSE DE DIÂMETRO NOS DIFERENTES LOCAIS.

As médias do crescimento obtidas por classe de DAP (com amplitude de 10 cm) para o cedro nos diferentes locais onde as amostras foram coletadas podem ser observadas na FIGURA 21.

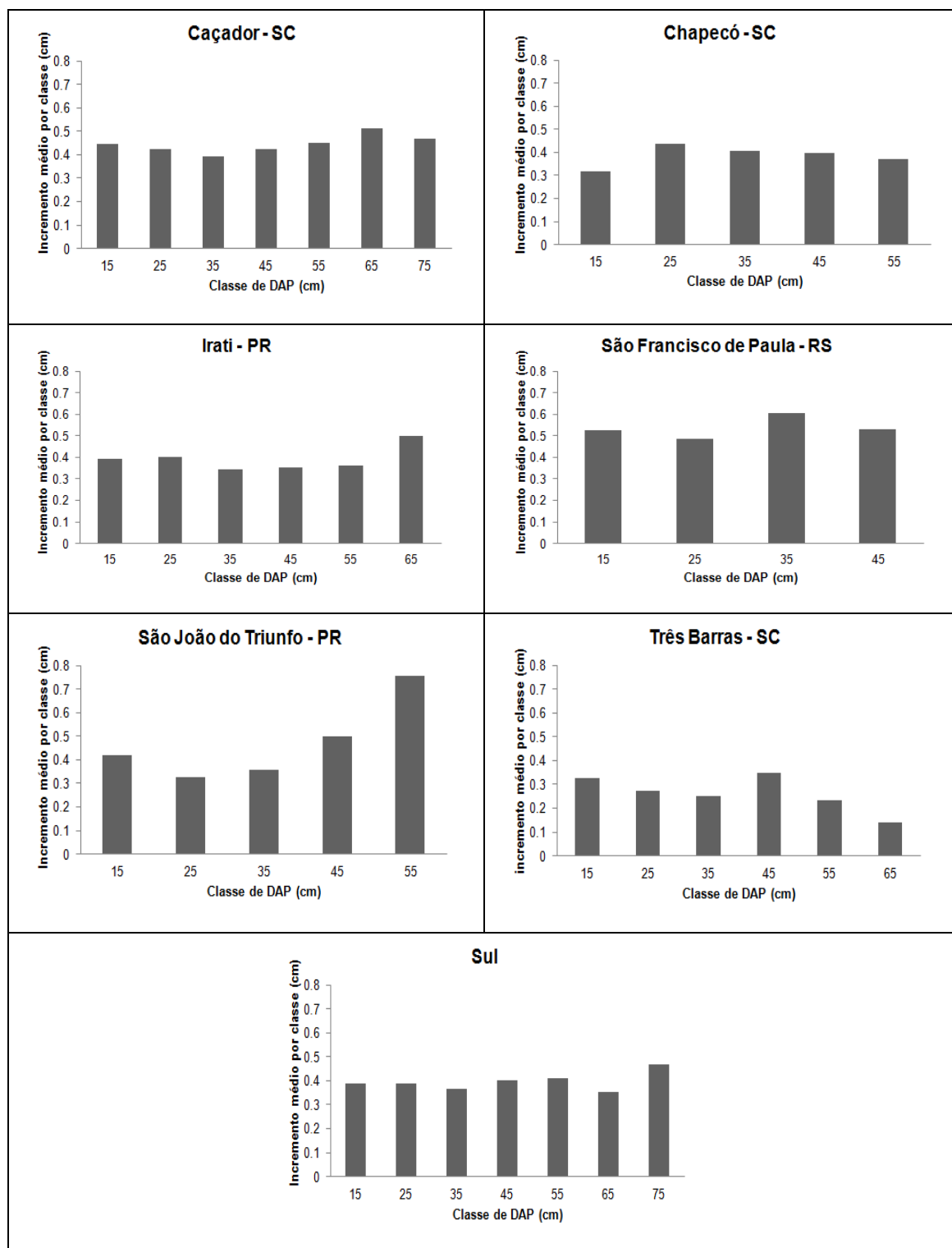


FIGURA21 -INCREMENTO DIAMÉTRICO MÉDIO ANUAL DE *C. fissilis* POR CLASSE DE DIÂMETRO NOS DIFERENTES LOCAIS.

O crescimento médio do cedro ao longo das classes de DAP apresenta-se de maneira mais uniforme em relação aos incrementos da araucária. No caso do cedro as médias de crescimento das classes na maioria dos locais foram bastante semelhantes, com exceção de São João do Triunfo, onde ocorre um maior crescimento nas classes de maiores dimensões e Três Barras, com maior crescimento nas classes de menor dimensão em relação às demais. No caso de São João do Triunfo pode ter ocorrido algum fenômeno adverso como tempestades, incêndios ou granizo recentemente no local, que pode ter retardado o crescimento das árvores com menores dimensões, identificadas nestes resultados.

Em relação a imbuia, somente a média de Caçador é diferente das encontradas nos demais locais, ou seja o incremento médio para a imbuia em Caçador é menor e estatisticamente diferente das demais localidades.

Este fato pode ser atribuído ao tipo de solo do local, clima ou mesmo de que Caçador seja o local mais desfavorável ao crescimento da espécie, visto que esta ocorria naturalmente mais abundantemente na bacia do rio Iguaçu, mais ao norte de Caçador e bastante próximo a São João do Triunfo e Três Barras, locais estes em que a espécie apresentou o maior incremento. Outro aspecto que deve ser levado em consideração, é o fato de que em Caçador as árvores de imbuia apresentam os maiores diâmetros, e provavelmente maiores idades, refletindo assim um menor crescimento.

Em algumas pesquisas no monitoramento da imbuia em parcelas permanentes valores de crescimento bastante próximos ao desta pesquisa foram encontrados, podendo-se citar: Figueiredo Filho et al.(2010), em Irati – PR, encontraram incremento de 0,42 cm/ano; Schaaf (2001) em São João do Triunfo - PR, obteve 0,37 cm/ano de crescimento; Durigan(1999) em São João do Triunfo - PR, observou um valor de 0,66 cm/ano; Pizatto (1999), em São João do Triunfo – PR, encontrou 0,17 cm/ano; Rivera(2007), em Caçador – SC, usando dados de análise de tronco parcial, obteve 0,54 cm/ano; Cubas(2011), em Três Barras – SC, observou um valor de 0,42 cm/ano.

Os incrementos médios obtidos por classe de DAP com amplitude de 10 cm para a imbuia, podem ser observados na FIGURA 22.



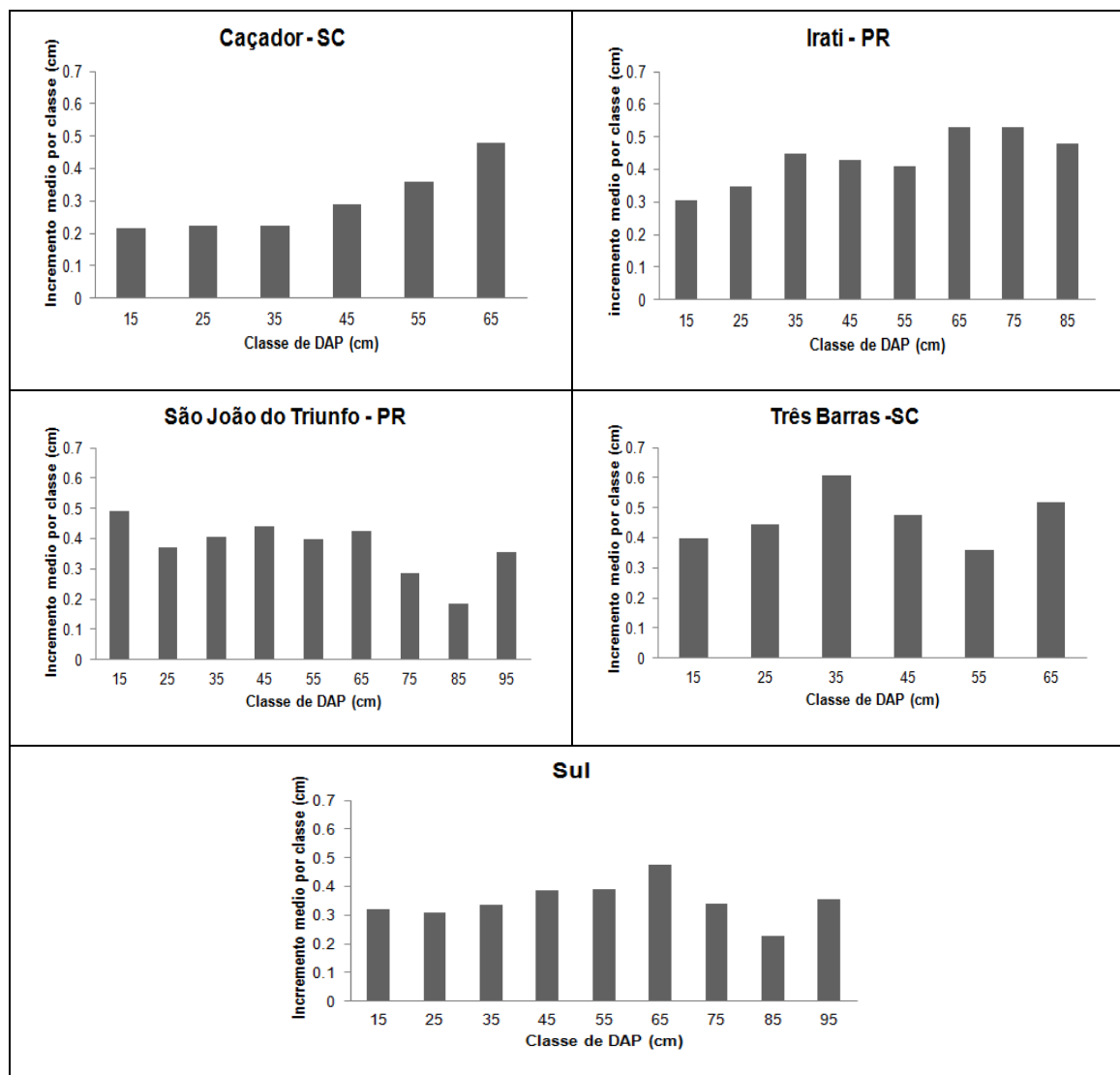


FIGURA22 -INCREMENTO DIAMÉTRICO MÉDIO ANUAL DE *O. porosa* POR CLASSE DE DIÂMETRO NOS DIFERENTES LOCAIS.

O incremento diamétrico médio da imbuia ao longo das classes de diâmetro apresenta características diferentes em cada um dos locais estudados. No caso de Caçador e Irati, é possível observar uma tendência ao aumento do crescimento à medida que se aumenta o tamanho das classes de DAP. Para São João do Triunfo e Três Barras, observam-se alguns picos de crescimento em algumas classes, como na primeira classe de São João do Triunfo e na terceira classe de Três Barras, demonstrando assim ocorrer um grande crescimento nas menores classes quando os indivíduos estão em idades iniciais.

Embora haja alguma divergência dos valores encontrados (para as três espécies estudadas) em relação ao encontrado por outros pesquisadores, com os

resultantes desta pesquisa, vale a pena ressaltar que no monitoramento em parcelas permanentes, para a medição dos indivíduos, usam-se a fita métrica ou algum outro equipamento como precisão milimétrica e que está sujeito a erros de posicionamento do ponto de medição de diâmetro etc., enquanto que na medição de anéis de crescimento utilizando equipamentos como o Lintab, a precisão da medição é de 0,001 mm, garantindo assim uma maior confiabilidade nos resultados.

## 5.5. COMPARAÇÃO DO INCREMENTO DIAMÉTRICO POR DÉCADA POR ESPÉCIE NOS DIFERENTES LOCAIS

Em todos os dados em que foi aplicado o teste de Bartlett, foi necessário realizar a transformação dos dados, pois estes apresentaram heterogeneidade das variâncias. Para isto foi extraída a raiz quadrada de cada valor nos dados de cedro e imbuia e raiz na quarta nos dados de incremento da araucária.

### 5.5.1. *Araucaria angustifolia*

Observa-se na TABELA 21 as médias reais e transformadas para avaliar a diferença estatística do crescimento por década para a araucária nos diferentes locais. Neste caso, considerou-se cada década, em cada lugar, como um tratamento e o número de árvores como repetições.

Analisando-se as médias de incremento das araucárias oriundas de Caçador, constatou-se que pelo teste F não ocorreram diferenças estatísticas entre as médias de crescimento das décadas. Porém quando se observa os dados de Chapecó, apesar do teste F ser significativo, este apresenta um valor próximo ao valor crítico, fazendo com que o teste de Tukey a 1% não consiga identificar quais médias apresentam diferença estatística. Este fato ocorrido com as médias de Chapecó foi mencionado por Gomes (1987), relatando o fato mesmo que seja raro de acontecer e embora o teste F seja significativo na análise de variância, possa acontecer que nenhuma das diferenças entre as médias seja significativa pelo teste de Tukey, da mesma forma que podem incidir casos que o teste de F não seja significativo e que

um ou mais contrastes sejam significativos. Fatos semelhantes também podem acontecer com o teste de Duncan, que também pode não concordar com o teste de F.

TABELA21 -CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL EM DIÂMETRO DE *A. angustifolia*, POR DÉCADA PARA OS DIFERENTES LOCAIS.

Década	Caçador-SC F=1,20 <sup>ns</sup> Fcrit=1,85 p-valor=0,23 Média	Chapecó-SC F=5,43 <sup>**</sup> Fcrit=2,39 p-valor=0,00 Média	Irati - PR F=13,08 <sup>**</sup> Fcrit=2,06 p-valor=0,00 Média	São Francisco de Paula-RS F=9,93 <sup>**</sup> Fcrit=2,47 p-valor=0,00 Média	São João do Triunfo – PR F=3,26 <sup>**</sup> Fcrit=2,59 p-valor=0,0015 Média	Três Barras - SC F=15,88 <sup>**</sup> Fcrit=2,91 p-valor=0,00 Média
1770	0,62a	-	-	-	-	-
1780	0,40a	-	-	-	-	-
1790	0,30a	-	-	-	-	-
1800	0,17a	-	-	-	-	-
1810	0,28a	-	-	-	-	-
1820	0,25a	-	-	-	-	-
1830	0,21a	-	-	-	-	-
1840	0,25a	-	0,15cd	-	-	-
1850	0,28a	-	0,20cd	-	-	-
1860	0,35a	-	0,17cd	-	-	-
1870	0,33a	-	0,18cd	-	-	-
1880	0,27a	-	0,17cd	-	-	-
1890	0,27a	-	0,11d	-	-	-
1900	0,29a	0,49a	0,13d	-	-	-
1910	0,27a	0,21a	0,19cd	0,41abc	-	-
1920	0,24a	0,30a	0,30bcd	0,58a	0,49abc	-
1930	0,24a	0,23a	0,58abc	0,44ab	0,54a	-
1940	0,25a	0,19a	0,67ab	0,46ab	0,51ab	0,44abc
1950	0,26a	0,31a	0,66a	0,45ab	0,34abc	0,58ab
1960	0,30a	0,34a	0,69a	0,40ab	0,33abc	0,76a
1970	0,30a	0,44a	0,69a	0,37abc	0,35abc	0,57a
1980	0,30a	0,50a	0,49abc	0,34bc	0,37abc	0,41bc
1990	0,28a	0,49a	0,38bc	0,25cd	0,31bc	0,29c
2000	0,23a	0,47a	0,34bcd	0,18d	0,28c	0,23c

\*= significativo a 1%; <sup>ns</sup>= não significativo; F= valor calculado do teste F; Fcrit= valor tabelado do teste F a 1%; Média = incremento médio anual por década (cm); Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey a 1%.

Já em relação às médias do crescimento por décadas de Irati, São Francisco de Paula, São João do Triunfo e Três Barras o teste F foi significativo a 1% e por meio do teste de Tukey foi possível identificar quais médias se igualam e se diferem estatisticamente conforme a TABELA 21.

Mattos et al. (2010), observando o crescimento interdecadal médio de seis espécies estudadas em Caçador – SC, relataram que, com o aumento do incremento médio anual em diâmetro, mesmo em árvores com grandes diâmetros e com altura já estabilizada, independentemente de sua posição fitossociológica ou de suas características ecológicas, o seu crescimento está respondendo diretamente ao

ambiente, seja por variações nas condições climáticas ao longo do tempo ou por interferências antrópicas.

Não levando em consideração a diferença estatística entre as décadas, percebeu-se um aumento do crescimento em diâmetro nas últimas quatro décadas, exceto para São Francisco de Paula onde ocorreu uma leve diminuição do crescimento.

### 5.5.2. *Cedrela fissilis*

Na TABELA22 observam-se as médias de incrementos diamétricos reais e transformadas do cedro, e a sumarização do teste de Tukey a 1%.

TABELA22 -CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL EM DIÂMETRO DE *C. fissilis*, POR DÉCADA PARA OS DIFERENTES LOCAIS.

Década	Caçador - SC F=1,44 <sup>ns</sup> Fcrit=1,78 p-valor=0,144 Média	Chapecó - SC F=2,69 <sup>**</sup> Fcrit=2,49 p-valor=0,005 Média	Irati - PR F=2,70 <sup>**</sup> Fcrit=2,07 p-valor=0,000 Média	São Francisco de Paula - RS F=1,65 <sup>ns</sup> Fcrit=2,32 p-valor=0,154 Média	São João do Triunfo - PR F=4,1191 <sup>**</sup> Fcrit=2,52 p-valor=0,000 Média	Três Barras - SC F=2,31 <sup>**</sup> Fcrit=1,87 p-valor=0,013 Média
1840	-	-	0,18a	-	-	-
1850	-	-	0,18a	-	-	-
1860	-	-	0,17a	-	-	-
1870	-	-	0,22a	-	-	-
1880	0,24a	-	0,30a	-	-	-
1890	0,32a	-	0,29a	-	-	-
1900	0,37a	-	0,39a	-	-	0,36a
1910	0,40a	0,12b	0,24a	-	0,31ab	0,33a
1920	0,39a	0,23ab	0,25a	-	0,25ab	0,37a
1930	0,41a	0,28ab	0,34a	-	0,46ab	0,29a
1940	0,45a	0,26ab	0,38a	-	0,25ab	0,25a
1950	0,43a	0,33ab	0,33a	0,28a	0,31ab	0,33a
1960	0,47a	0,37ab	0,34a	0,49a	0,30ab	0,29a
1970	0,45a	0,41 a	0,39a	0,59a	0,23b	0,34a
1980	0,41a	0,33ab	0,45a	0,55a	0,36ab	0,26a
1990	0,33a	0,36ab	0,40a	0,50a	0,47a	0,21a
2000	0,37a	0,33ab	0,37a	0,44a	0,45ab	0,23a

\* = significativo a 1%; <sup>ns</sup> = não significativo; F = valor calculado do teste F; Fcrit = valor tabelado do teste F a 1%; Média = incremento médio anual por década (cm); Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey a 1%.

Da mesma forma que aconteceu com a araucária de Caçador, analisando-se o crescimento por década do cedro de Caçador e de São Francisco de Paula as médias não apresentaram diferença estatística pelo teste F. Já as médias de Irati e Três Barras, apesar do teste F apresentar diferença a 1%, os valores calculados foram bastante próximos ao valor crítico, fazendo com que as médias diferentes não

sejam detectadas pelo teste de Tukey a 1%, assim como ocorreu com as médias da araucária de Chapecó. Já as médias do crescimento do cedro de Chapecó e de São João do Triunfo apresentaram diferenças que puderam ser detectadas pelo teste de Tukey.

Quando se analisa a evolução do crescimento médio das últimas quatro décadas, percebe-se que os dados de Chapecó, São Francisco de Paula e de Três Barras apresentaram uma leve desaceleração do crescimento enquanto que nos demais locais ocorreu o inverso.

### 5.5.3. *Ocotea porosa*

Em relação à imbuia, as médias do crescimento em diâmetro por década reais e transformadas estão apresentadas na TABELA 23, bem como a sumarização do teste de Tukey a 1%.

TABELA23 -CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL EM DIÂMETRO DE *O. porosa*, POR DÉCADA PARA OS DIFERENTES LOCAIS.

Década	Caçador - SC F=4,61** Fcrit=1,82 p-valor=0,00 Média	Irati - PR F=5,16** Fcrit=2,02 p-valor=0,000 Média	São João do Triunfo - PR F=3,66** Fcrit=2,09 p-valor=0,000 Média	Três Barras - SC F=0,67 <sup>ns</sup> Fcrit=2,61 p-valor=0,7131 Média
1760	0,22ab	-	-	-
1770	0,20ab	-	-	-
1780	0,24ab	-	-	-
1790	0,15ab	-	-	-
1800	0,14ab	-	-	-
1810	0,12b	-	-	-
1820	0,14ab	-	-	-
1830	0,13ab	0,10d	-	-
1840	0,21ab	0,15cd	-	-
1850	0,21ab	0,22bcd	0,18a	-
1860	0,22ab	0,25abcd	0,20a	-
1870	0,24ab	0,22bcd	0,22a	-
1880	0,27a	0,20cd	0,23a	-
1890	0,24ab	0,26abcd	0,19a	-
1900	0,21ab	0,28abcd	0,29a	-
1910	0,20ab	0,22bcd	0,59a	-
1920	0,17ab	0,26bcd	0,49a	0,31a
1930	0,16ab	0,31abcd	0,48a	0,43a
1940	0,21ab	0,45abc	0,40a	0,46a
1950	0,20ab	0,39abcd	0,35a	0,42a
1960	0,26a	0,44ab	0,34a	0,38a
1970	0,29a	0,47a	0,36a	0,38a
1980	0,28a	0,38abcd	0,40a	0,34a
1990	0,30a	0,39abcd	0,39a	0,34a
2000	0,29a	0,36abcd	0,41a	0,43a

\*\* = significativo a 1%; <sup>ns</sup> = não significativo; F= valor calculado do teste F; Fcrit= valor tabelado do teste F a 1%; Média = incremento médio por década (cm); Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey a 1%.

As médias do crescimento de Caçador, Irati e São João do Triunfo apresentaram diferença segundo o teste F, porém, o valor calculado pelo teste nas médias de São João do Triunfo foi bastante próximo ao valor crítico, fazendo com que o teste de Tukey não detectasse quais médias apresentam diferença. Em relação às médias de Três Barras, foi verificado que o valor crítico do teste F foi superior ao calculado, indicando não haver diferença entre as médias.

Em relação à evolução do crescimento nas últimos anos, percebeu-se uma aceleração do crescimento em quase todos os locais, com exceção de Irati, que apresentou uma leve desaceleração nos últimos 40 anos.

## 5.6. ESTIMATIVA DO DAP EM FUNÇÃO DA IDADE

Os valores dos ajustes dos modelos matemáticos, que visam estimar a produção (diâmetro) em função da idade das três espécies estudadas, são apresentados a seguir.

### 5.6.1. *Araucaria angustifolia*

Os coeficientes e estatísticas dos modelos de crescimento e produção em função da idade, estimados para a araucária dos seis diferentes locais do sul do Brasil, e também de todos os locais agrupados, podem ser visualizados na TABELA 24. Ressalta-se que estes modelos foram ajustados somente com os indivíduos para os quais foi possível atingir a medula, na coleta das amostras com a sonda de Pressler.

Os incrementos de árvores nativas apresentam diferenças individuais, pois estas não se encontram em condições semelhantes de solo, luz e competição, diferentemente de plantios homogêneos da mesma espécie, em que todas estas condições são semelhantes e, conseqüentemente, o incremento das árvores é semelhante.

Esse crescimento homogêneo, quando modelado, reflete-se em ajustes com  $R^2$  ajustado bastante próximos a 1 e erro padrão de estimativa muito baixo. Porém

quando os ajustes acontecem com indivíduos, mesmo sendo da mesma espécie, oriundos de florestas nativas, as estatísticas dos ajustes são piores se comparado com plantios.

TABELA24 - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA *A. angustifolia* EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS.

Modelos	Caçador - SC						Chapecó - SC					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R² ajust	a	b	c	d	Syx%	R² ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	29,7	0,7493	45,53	0,022	1,212	-----	39,0	0,6278	36,22	0,021	1,225	-----
Bertalanfy	31,7	0,7151	44,31	0,038	-----	-----	41,2	0,5846	28,87	0,050	-----	-----
Weibull	28,3	0,7728	87,71	0,029	0,651	-----	38,9	0,6292	56,04	0,018	0,827	-----
Gompertz	28,0	0,7772	76,28	1,919	0,010	-----	38,5	0,6364	45,09	2,436	0,023	-----
Korf	27,9	0,7789	239,4	7,17	0,301	-----	38,6	0,6348	239,26	7,970	0,303	-----
Logística	28,3	0,7731	68,67	4,300	0,017	-----	38,8	0,6312	37,68	6,697	0,041	-----
Hossfeld IV	27,6	0,7834	252,4	140,5	0,707	-----	<b>38,2</b>	<b>0,6416</b>	<b>950,32</b>	<b>1105,6</b>	<b>0,817</b>	-----
Monomolecular	27,7	0,7821	110,03	-0,928	0,004	-----	38,3	0,6412	102,59	-0,982	0,004	-----
Levakovic I	<b>27,6</b>	<b>0,7842</b>	<b>226,8</b>	<b>1,E+05</b>	<b>0,401</b>	<b>1,556</b>	38,3	0,6411	124,59	4,E+04	0,467	1,747
Levakovic III	28,1	0,7752	63,47	23363	0,383	-----	38,2	0,6413	104,72	133042	0,407	-----
Yoshida I	27,7	0,7824	196,70	106,8	-0,50	0,717	38,3	0,6394	161,02	193,96	-0,37	0,864
Sloboda	27,6	0,7839	209,14	4,610	0,181	0,373	38,3	0,6411	134,77	5,157	0,185	0,433
Modelos	Iratí - PR						São Francisco de Paula - RS					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R² ajust	a	b	c	d	Syx%	R² ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	49,5	0,5185	45,05	0,021	1,403	-----	31,9	0,6633	30,57	0,029	1,363	-----
Bertalanfy	31,9	0,7991	40,58	0,074	-----	-----	33,6	0,6273	26,80	0,054	-----	-----
Weibull	31,2	0,8088	43,72	0,013	1,266	-----	31,4	0,6739	56,37	0,013	0,906	-----
Gompertz	<b>31,1</b>	<b>0,8094</b>	<b>43,21</b>	<b>2,597</b>	<b>0,058</b>	-----	31,5	0,6717	33,26	2,387	0,032	-----
Korf	31,5	0,8044	83,65	7,80	0,571	-----	31,6	0,6709	124,17	7,698	0,371	-----
Logística	31,1	0,8092	41,84	6,731	0,083	-----	31,7	0,6677	30,18	6,37	0,052	-----
Hossfeld IV	31,3	0,8067	52,31	129,9	1,465	-----	31,4	0,6739	91,30	129,48	0,921	-----
Monomolecular	31,3	0,8071	47,34	-1,068	0,031	-----	31,4	0,6740	47,47	-0,984	0,011	-----
Levakovic I	31,1	0,8092	44,22	4E+05	0,281	3,362	31,4	0,6738	37,94	6,E+06	0,240	3,346
Levakovic III	32,3	0,7948	42,45	2E+02	2,010	-----	<b>31,4</b>	<b>0,6741</b>	<b>48,20</b>	<b>17618</b>	<b>0,416</b>	-----
Yoshida I	31,4	0,8059	57,88	77,1	-0,98	1,269	31,4	0,6734	52,58	231,3	1,887	1,234
Sloboda	31,1	0,8092	42,80	2,396	0,042	1,079	31,5	0,6727	36,54	2,803	0,063	0,824
Modelos	São João do Triunfo - PR						Três Barras - SC					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R² ajust	a	b	c	d	Syx%	R² ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	25,8	0,7484	27,86	0,023	1,306	-----	27,7	0,6857	31,96	0,035	1,393	-----
Bertalanfy	27,7	0,6862	25,73	0,065	-----	-----	29,2	0,6508	29,01	0,090	-----	-----
Weibull	24,0	0,7640	41,26	0,028	0,826	-----	26,5	0,7127	62,02	0,027	0,805	-----
Gompertz	24,0	0,7649	30,78	2,065	0,035	-----	27,0	0,7012	35,88	2,125	0,047	-----
Korf	24,2	0,7610	163,57	5,782	0,265	-----	26,5	0,7121	111,26	5,87	0,375	-----
Logística	24,2	0,7600	29,07	4,925	0,054	-----	27,4	0,6918	33,65	4,94	0,071	-----
Hossfeld IV	24,0	0,7635	61,77	53,7	0,851	-----	26,5	0,7129	87,78	56,6	0,851	-----
Monomolecular	23,9	0,7663	36,14	-0,944	0,017	-----	26,6	0,7107	43,54	-0,97	0,021	-----
Levakovic I	23,9	0,7656	32,05	5E+07	0,170	3,947	26,5	0,7113	55,06	1E+04	0,355	1,988
Levakovic III	24,0	0,7651	38,29	1E+04	0,358	-----	26,5	0,7117	54,70	1E+04	0,353	-----
Yoshida I	23,9	0,7662	38,38	168,8	3,109	1,285	<b>26,4</b>	<b>0,7132</b>	<b>108,52</b>	<b>44,70</b>	<b>-2,07</b>	<b>0,737</b>
Sloboda	<b>23,9</b>	<b>0,7664</b>	<b>34,23</b>	<b>2,700</b>	<b>0,104</b>	<b>0,720</b>	26,5	0,7128	92,16	10,794	0,947	0,219
Modelos	Sul											
	Estatísticas		Coeficientes									
	Syx%	R² ajust	a	b	c	d						
Chapman-Richards			40,6	0,5852	37,49	0,029	1,199	-----				
Bertalanfy			42,6	0,5108	33,93	0,053	-----					
Weibull			<b>38,4</b>	<b>0,6012</b>	<b>165,22</b>	<b>0,010</b>	<b>0,702</b>	-----				
Gompertz			39,2	0,5843	49,63	2,069	0,021	-----				
Korf			38,5	0,6002	817,74	7,14	0,182	-----				
Logística			39,8	0,5728	44,94	4,934	0,034	-----				
Hossfeld IV			38,4	0,6009	203,77	132	0,737	-----				
Monomolecular			38,6	0,5965	65,32	-0,948	0,008	-----				
Levakovic I			38,4	0,6010	137,83	4E+04	0,406	1,62				
Levakovic III			38,4	0,6010	115,45	3,E+05	0,327	-----				
Yoshida I			38,4	0,6017	983,18	400,3	-1,85	0,61				
Sloboda			38,4	0,6007	215,46	11,17	0,802	0,18				

Conforme pode ser observado na TABELA 24, os ajustes do crescimento em função da idade da araucária em diferentes locais no sul do Brasil, apresentam estatísticas pouco semelhantes de local para local. Em São João do Triunfo por exemplo, o melhor desempenho foi o modelo de Yoshida I, que apresentou  $R^2$  ajustado de 0,7664 e erro padrão de 23,9% (menor valor para esta estatística de todos os locais). Os maiores coeficientes de determinação ajustados foram verificados para os ajustes de Irati, em que o modelo de Gompertz chegou a 0,8094 para esta estatística. Os piores ajustes para a araucária foram observados em Chapecó em que o modelo com o melhor desempenho foi o de Yoshida I com  $R^2$  ajustado de 0,6416 e erro padrão de 38,2%. Quando se observa as estatísticas para os dados de todos os locais agrupados, como era de se esperar, os valores obtidos são inferiores dos ajustes por local.

Experiências com modelagens em função da idade com árvores nativas foram desenvolvidas, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, por pesquisadores da Universidade Federal de Santa Maria, porém em quase todos os trabalhos foram modelados dados provenientes de poucas árvores, o que pode ter justificado o melhor desempenho dos ajustes em alguns casos.

Neste sentido, Schneider et al. (2000) modelaram o crescimento em diâmetro em função da idade de árvores de Ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) plantadas no ano de 1978 no município de Santa Maria - RS. As estatísticas do ajuste variaram de 0,996 a 0,997 para o  $R^2$  e 0,03 a 0,31 para o Syx, sendo a equação de Backmann a que apresentou os melhores resultados.

Também Scheeren et al. (2003) avaliaram e modelaram o crescimento em diâmetro em função da idade de duas árvores de *Ocotea pulchella* (Canela-lageana) localizadas em Santa Maria – RS. Neste caso o  $R^2$  variou de 0,74 a 0,84 e o coeficiente de variação variou de 20,20 a 20,55% sendo que a equação quadrática foi a que apresentou os melhores resultados.

No mesmo sentido, Finger et al. (2003) realizaram uma avaliação do crescimento de *Astronium balansae* no município de São Sepé – RS. O estudo visou avaliar o potencial de crescimento da espécie ao longo dos anos, empregando para este fim a análise de tronco completa, sendo que os modelos apresentaram

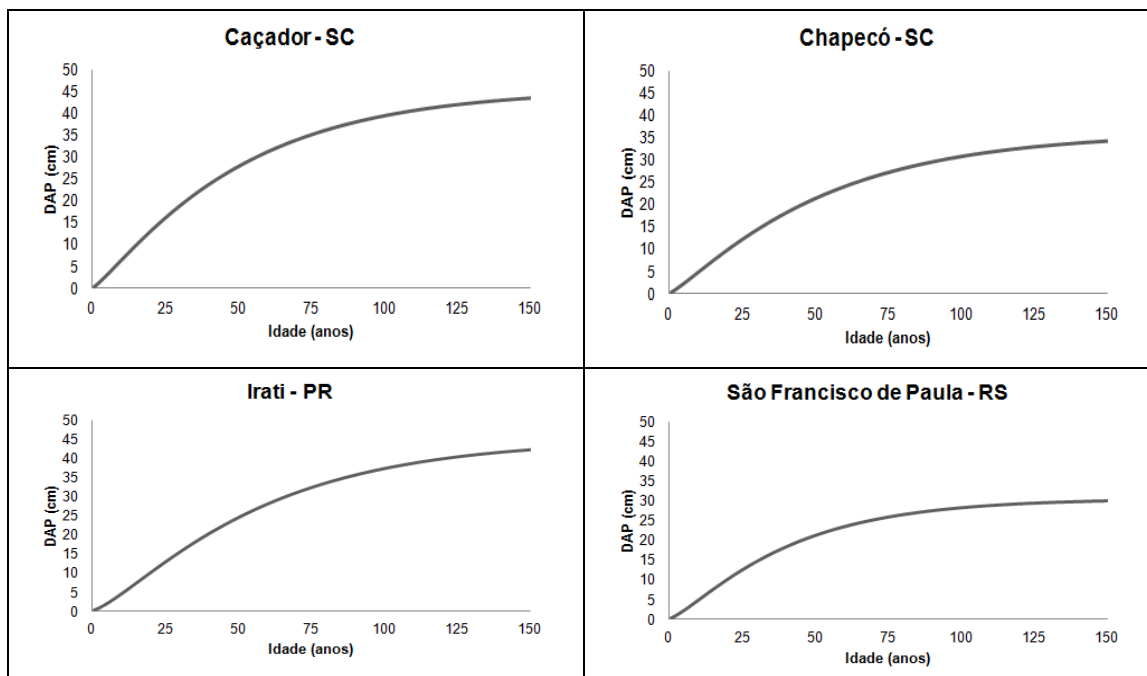


coeficiente de determinação maiores que 0,99 e erro padrão da estimativa bastante reduzido.

Por outro lado, Tonini et al. (2003) modelaram o incremento em diâmetro e volume comercial de *Nectandra megapotamica* no município de Santa Maria – RS, relatando que os ajustes das equações de crescimento e produção para cada árvore tiveram excelentes resultados, com  $R^2$  variando de 0,95 a 0,99, respectivamente, para as duas variáveis consideradas.

Entretanto, Schneider et al. (2006) estudaram o crescimento em volume comercial, incremento corrente anual em diâmetro em porcentagem e a evolução do fator de forma comercial para quatro indivíduos de *Cordia trichotoma* localizados no município de Santa Maria – RS. Com os dados de incremento ajustaram-se três modelos de crescimento e produção para o volume e para o diâmetro. O coeficiente de determinação ajustado para o volume variou de 0,80 a 0,95 e, para o diâmetro, de 0,96 a 0,99 com o melhor desempenho para o modelo de Backmann.

Na FIGURA 23 pode-se visualizar as curvas de produção geradas na presente pesquisa para a araucária dos diferentes locais.



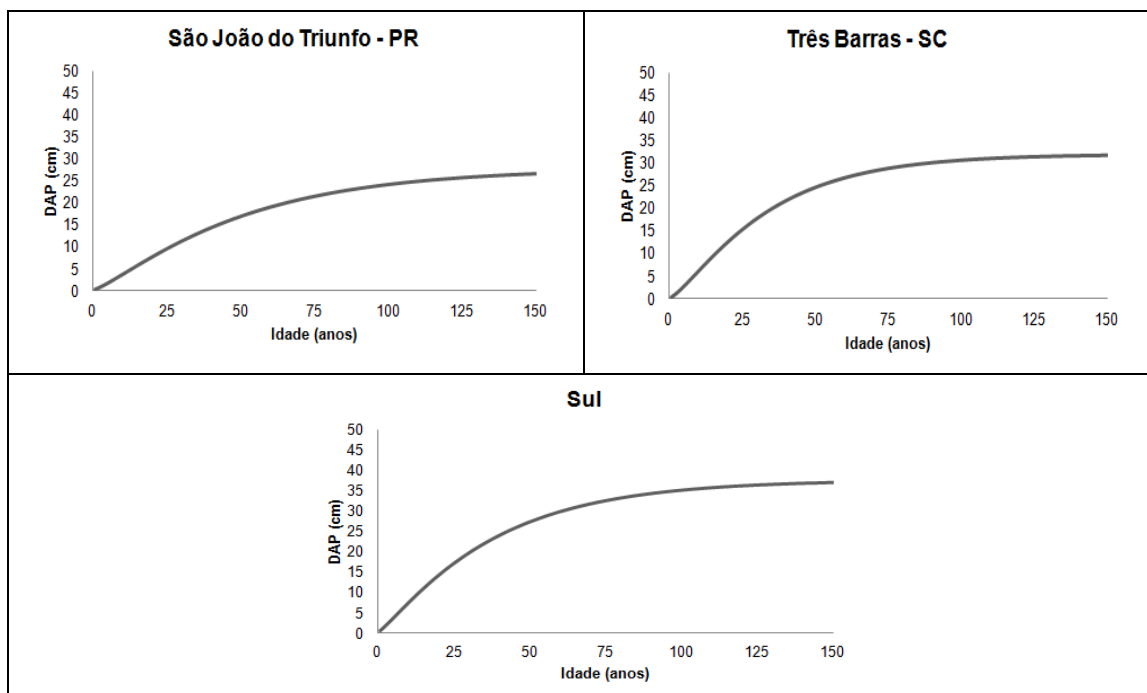


FIGURA23 -CURVAS DE PRODUÇÃO EM DAP DE *A. angustifolia* EM DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

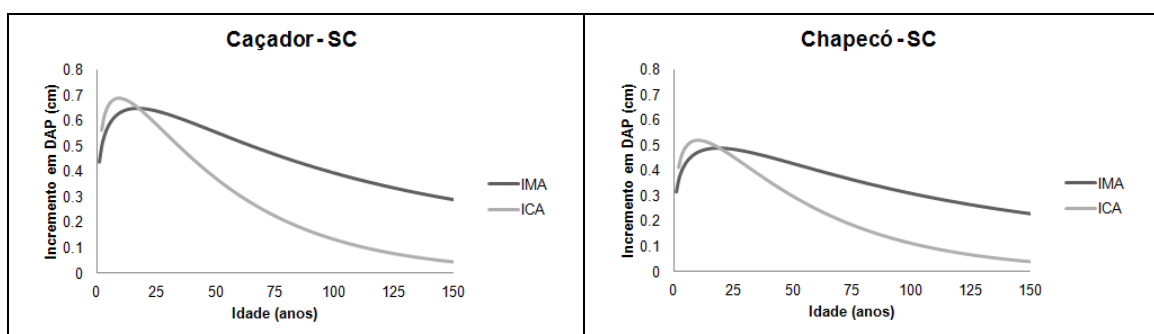
Observa-se que as curvas de produção apresentam comportamento diferenciado e que em alguns locais, como Três Barras, São João do Triunfo e São Francisco de Paula, o crescimento encontra-se estabilizado há alguns anos, indicando que as árvores apresentam um crescimento reduzido a partir dos 80 anos de idade. Deve-se ressaltar que a base de dados para a modelagem da araucária em função da idade foi obtida dos indivíduos amostrados com menores dimensões (em que foi possível atingir a medula) e que, por conseguinte, devem estar suprimidos pelas árvores de maior porte. Estas informações mostram a necessidade de uma intervenção na floresta, visando uma abertura de espaço para que ocorra liberação do crescimento.

Já nas curvas de produção de Chapecó, Irati e Caçador, observa-se que mesmo próximos dos 100 anos os indivíduos ainda continuam crescendo, fazendo com que as árvores de araucária ainda não tenham atingido a senescência. Este fato pode ser explicado pelo incremento da espécie neste local ser menor em relação aos demais, fazendo com que a espécie atinja a maturidade em maior tempo.

As curvas de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) dispostas na FIGURA 24, foram obtidas por meio da diferenciação e pela média respectivamente da equação de produção, relatado por Zeide (1993).

Em se tratando de plantios florestais, a interpretação destas curvas gera valiosas informações para o manejo das florestas, sendo que muitas destas informações também podem ser úteis às árvores de florestas nativas. Por exemplo, segundo Campos e Leite (2006), o máximo IMA é alcançado no ponto onde as duas curvas encontram-se e este ponto define a máxima taxa média de incremento da produção que uma determinada espécie pode alcançar em um local particular. A idade em que se verifica a interseção entre as duas curvas de incremento é definida como a ideal para o corte raso, quando se considera apenas a maior eficiência na produção.

De acordo com a base de dados modelada e considerando os conceitos mencionados, percebe-se, com as taxas de crescimento obtidas para a araucária nos diferentes locais, que este ponto de interseção das curvas está próximo dos 20 anos em Chapecó, Irati, São Francisco de Paula, São João do Triunfo e Três Barras, e 30 anos para Caçador. Sugere-se sernessas idades o momento ideal para uma intervenção na floresta visando a obtenção de melhores rendimentos no manejo. Em média, para todos os locais, as árvores com as idades referidas estão próximas de 30 cm de diâmetro.



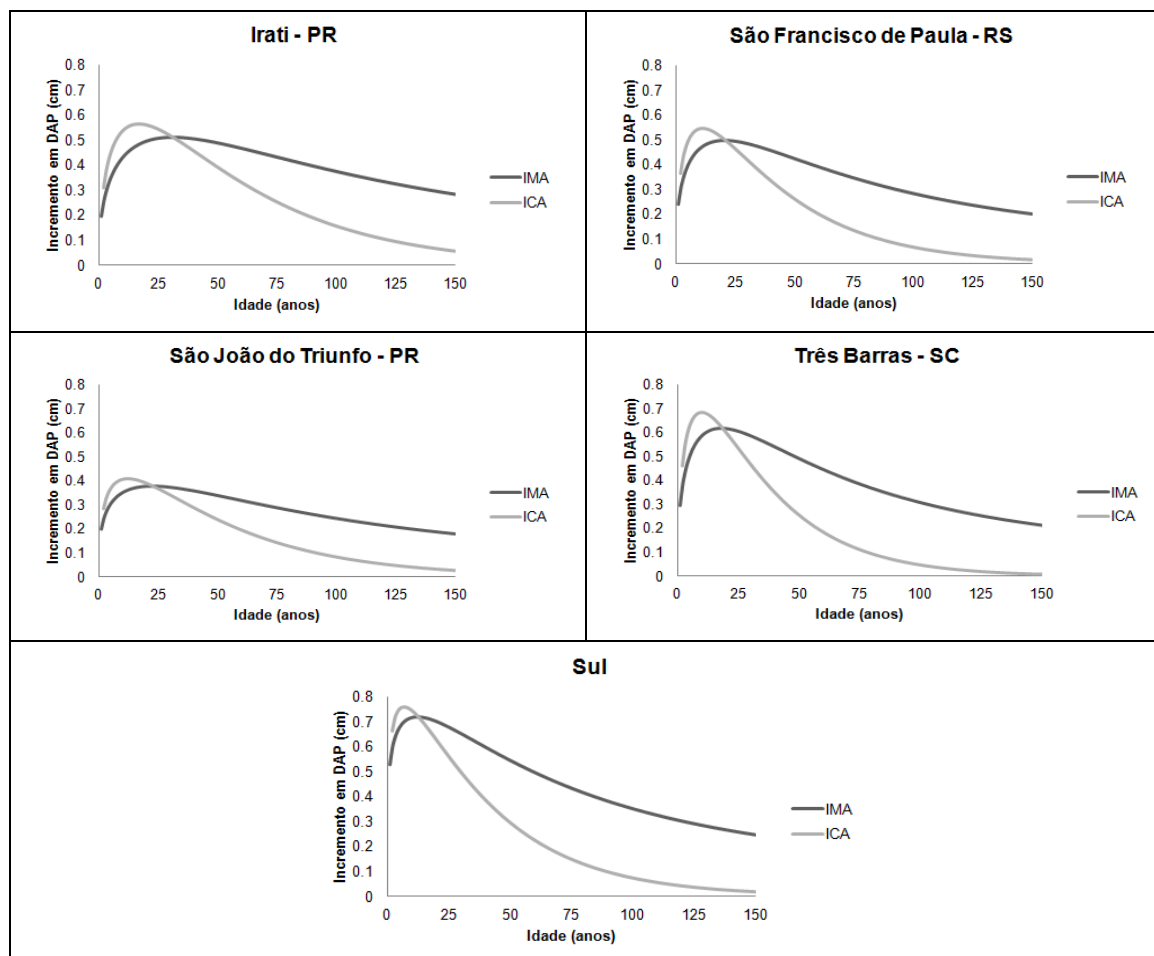


FIGURA24 - CURVAS DE ICA E IMA PARA *A. angustifolia* NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL ESTIMADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

### 5.6.2. *Cedrela fissilis*

Observando-se a TABELA 25 percebe-se os ajustes do crescimento em diâmetro em função da idade do cedro nos seis diferentes locais no sul do Brasil, apresentam estatísticas diferenciadas, como esperado, de local para local. Os maiores coeficientes de determinação ajustados foram verificados para os ajustes de São João do Triunfo, em que o modelo de Sloboda chegou a 0,9138 para esta estatística, seguido de Irati que também o modelo de Sloboda foi o com melhor desempenho com 0,8988 de  $R^2$  ajustado.

Os piores ajustes para o cedro foram observados em Três Barras, em que o modelo com o melhor desempenho foi o Monomolecular com  $R^2$  ajustado de 0,5983 e erro padrão de 41,4%. Ajustes pouco eficientes também foram verificados para São Francisco de Paula onde o modelo com melhores estatísticas foi o de Levakovic

III com R<sup>2</sup> ajustado de 0,6088 e erro padrão de 50,9% (piores valores para esta estatística).

TABELA25 - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA *C. fissilis* EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS

Modelos	Caçador - SC						Chapecó - SC					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	A	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d
Chapman-Richards	29,7	0,7498	37,39	0,022	1,393	-----	28,8	0,7648	26,978	0,022	1,297	-----
Bertalanfy	30,6	0,7344	31,93	0,043	-----	-----	30,4	0,7377	20,727	0,048	-----	-----
Weibull	30,4	0,7376	56,60	0,018	0,829	-----	27,5	0,7853	39,7	0,015	0,865	-----
Gompertz	<b>29,7</b>	<b>0,7509</b>	<b>34,06</b>	<b>2,900</b>	<b>0,036</b>	-----	27,1	0,7919	27,080	2,556	0,028	-----
Korf	29,9	0,7461	82,9	10,38	0,516	-----	27,3	0,7880	150,24	8,172	0,321	-----
Logística	29,8	0,7477	32,18	9,140	0,057	-----	27,4	0,7877	23,510	7,578	0,050	-----
Hossfeld IV	30,7	0,7322	1161,7	955,8	0,719	-----	26,9	0,7946	5313,82	8933,4	0,812	-----
Monomolecular	29,9	0,7475	42,07	-1,034	0,014	-----	26,9	0,7947	55,134	-0,986	0,006	-----
Levakovic I	30,8	0,7312	16000	1E+05	0,793	0,889	26,9	0,7943	16372,0	1E+05	0,861	0,942
Levakovic III	29,7	0,7503	40,03	5006	0,585	-----	<b>26,9</b>	<b>0,7947</b>	<b>171,017</b>	<b>1E+06</b>	<b>0,406</b>	-----
Yoshida I	29,8	0,7492	45,17	311,8	0,645	1,416	27,0	0,7936	106,42	213,63	-0,08	0,899
Sloboda	29,7	0,7508	35,15	3,317	0,062	0,869	26,9	0,7944	83,50	5,843	0,263	0,388

Modelos	Irati - PR						São Francisco de Paula - RS					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	A	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d
Chapman-Richards	26,0	0,8604	54,51	0,015	1,303	-----	51,2	0,6051	49,543	0,023	1,521	-----
Bertalanfy	30,1	0,8133	40,73	0,034	-----	-----	52,2	0,5895	33,117	0,057	-----	-----
Weibull	23,2	0,8894	88,12	0,007	0,940	-----	51,4	0,6010	61,42	0,008	1,091	-----
Gompertz	22,4	0,8966	57,19	2,766	0,019	-----	51,0	0,6081	45,892	3,252	0,040	-----
Korf	23,5	0,8857	548,46	9,36	0,270	-----	51,2	0,6045	334,50	9,740	0,352	-----
Logística	22,7	0,8936	47,15	9,354	0,038	-----	51,1	0,6058	35,646	12,78	0,082	-----
Hossfeld IV	22,3	0,8977	5675,4	8792,1	0,884	-----	<b>50,9</b>	<b>0,6088</b>	<b>5E+02</b>	<b>1E+03</b>	<b>1,116</b>	-----
Monomolecular	23,1	0,8900	74,60	-1,002	0,007	-----	51,1	0,6070	223,07	-1,004	0,003	-----
Levakovic I	22,3	0,8975	16372,0	1E+05	0,853	1,033	51,0	0,6074	16372,0	1E+05	0,887	1,216
Levakovic III	22,3	0,8977	306,33	1E+06	0,442	-----	51,4	0,6025	44,65	2056	0,767	-----
Yoshida I	22,2	0,8979	271,34	840,8	1,732	1,057	51,0	0,6072	157,37	535,6	0,401	1,225
Sloboda	<b>22,2</b>	<b>0,8988</b>	<b>203,97</b>	<b>5,447</b>	<b>0,143</b>	<b>0,457</b>	51,0	0,6076	140,45	6,106	0,200	0,492

Modelos	São João do Triunfo - PR						Três Barras- SC					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	A	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d
Chapman-Richards	23,5	0,9054	40,92	0,022	1,341	-----	43,2	0,5627	22,84	0,029	1,461	-----
Bertalanfy	29,1	0,8544	33,08	0,049	-----	-----	44,4	0,5394	21,40	0,060	-----	-----
Weibull	22,5	0,9130	66,01	0,009	0,984	-----	41,6	0,5949	39,88	0,022	0,831	-----
Gompertz	22,6	0,9121	39,78	2,782	0,032	-----	41,6	0,5956	27,46	2,336	0,033	-----
Korf	23,0	0,9093	303,27	8,283	0,295	-----	41,7	0,5939	153,1	6,84	0,293	-----
Logística	23,2	0,9072	35,56	9,441	0,058	-----	41,8	0,5916	24,89	6,31	0,055	-----
Hossfeld IV	22,5	0,9133	123,16	224,8	0,994	-----	41,4	0,5983	174,68	195,5	0,782	-----
Monomolecular	22,4	0,9135	72,88	-0,996	0,007	-----	<b>41,4</b>	<b>0,5983</b>	<b>40,58</b>	<b>-0,97</b>	<b>0,011</b>	-----
Levakovic I	22,7	0,9114	16372	1E+05	0,834	1,000	41,5	0,5972	16372	1E+05	0,815	0,881
Levakovic III	22,4	0,9136	54,71	1E+04	0,488	-----	41,6	0,5946	30,40	6E+03	0,462	-----
Yoshida I	22,4	0,9134	79,50	287,2	1,137	1,185	41,5	0,5975	97,6	153,12	0,59	0,881
Sloboda	<b>22,4</b>	<b>0,9138</b>	<b>55,08</b>	<b>4,233</b>	<b>0,146</b>	<b>0,602</b>	41,5	0,5976	46,85	4,233	0,210	0,493

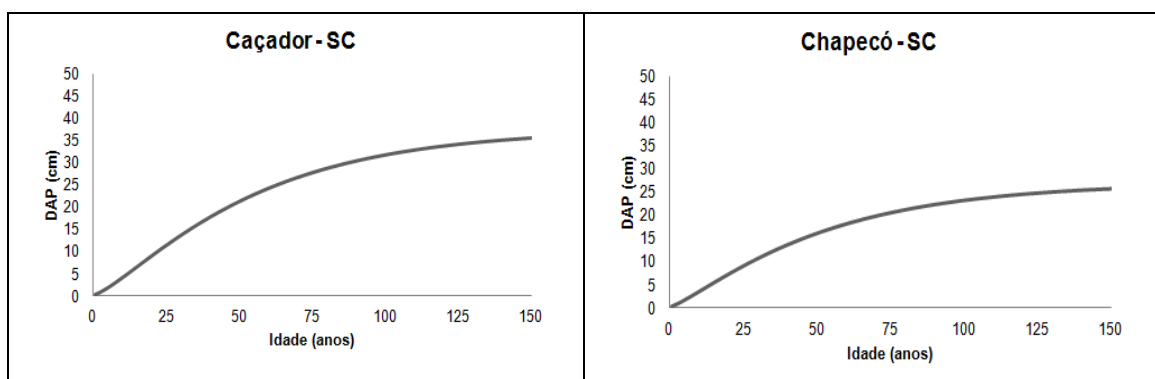
Sul												
Modelos	Estatísticas		Coeficientes									
	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d						
Chapman-Richards	38,1	0,7084	39,96	0,015	1,141	-----						
Bertalanfy	41,5	0,6538	29,49	0,045	-----	-----						
Weibull	37,9	0,7115	60,34	0,012	0,881	-----						
Gompertz	38,0	0,7086	38,92	2,542	0,025	-----						
Korf	37,9	0,7111	264,5	8,10	0,289	-----						
Logística	38,6	0,701	34,59	7,500	0,044	-----						
Hossfeld IV	<b>37,6</b>	<b>0,7152</b>	<b>271</b>	<b>368</b>	<b>0,846</b>	-----						
Monomolecular	37,6	0,7148	66,69	-0,986	0,006	-----						
Levakovic I	37,6	0,7149	16372	1E+05	0,830	0,95						
Levakovic III	38,0	0,7099	43,19	9677	0,504	-----						
Yoshida I	37,6	0,7151	199	296,8	0,107	0,88						
Sloboda	37,6	0,7150	125,8	6,78	0,350	0,33						

Quando se observa as estatísticas para os dados de todos os locais, diferentemente do que ocorreu para os ajustes da araucária, alguns valores obtidos são inferiores aos de cada local individual, superiores a outros, como por exemplo, os de Três Barras e de São Francisco de Paula.

As curvas de produção estimadas para o cedro nos diferentes locais podem ser visualizadas na FIGURA 25. Assim como ocorreu para a araucária, e como já era de se esperar por esta espécie apresentar incrementos diferentes de local para local conforme já foi mencionado nos itens anteriores, as curvas de produção apresentam aspectos diferentes e a culminação do crescimento em momentos desiguais no tempo.

Observa-se que, para Três Barras, a culminação do crescimento aconteceu próximo aos 70 anos; para Chapecó próximo aos 80 e, para São João do Triunfo e São Francisco de Paula, próximos aos 100 anos. Já em relação a Irati e Caçador, os dados modelados até os 100 anos de idade indicam que a floresta ainda não se encontra no estado senil.

É importante lembrar que os dados para estas modelagens são provenientes das árvores em que se atingiu a medula e que na maioria das vezes são árvores de pequenas dimensões e eventualmente encontram-se suprimidas na floresta pelas árvores de maior porte. Portanto estas modelagens podem ser consideradas conservadoras quanto ao crescimento e se intervenções de manejo forem adotadas, o tempo para que uma árvore atinja a maturidade pode ser diminuído.



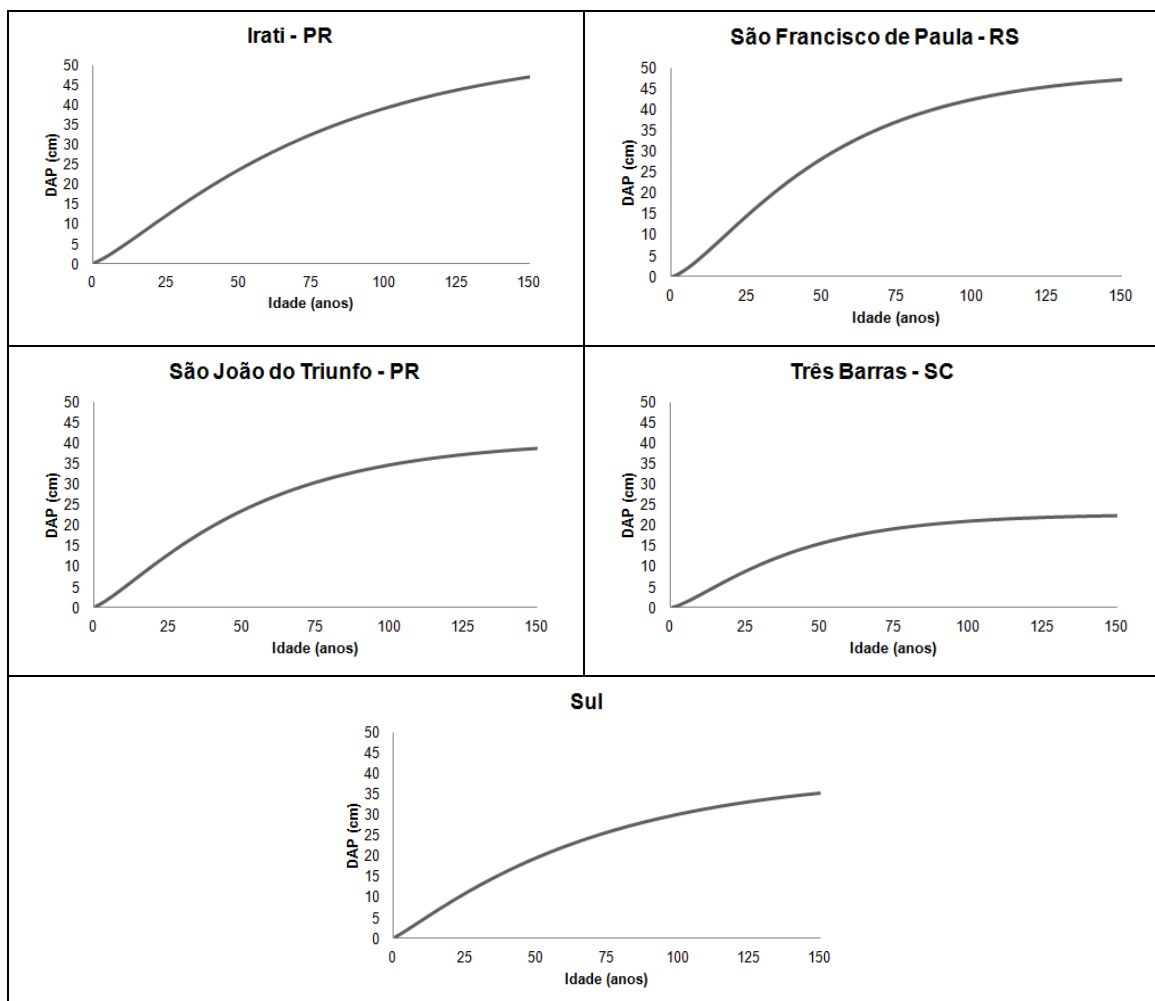
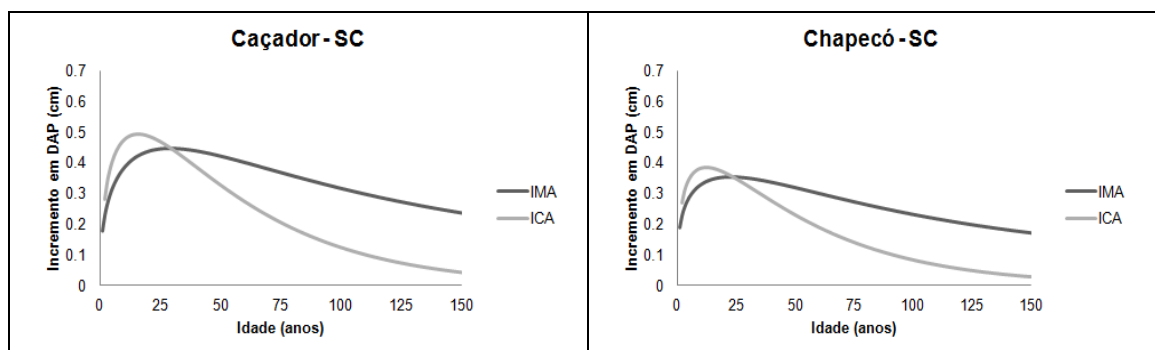


FIGURA25 - CURVAS DE PRODUÇÃO EM DAP DEC. *fissilis* NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

Na FIGURA 26 observam-se as curvas de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) obtidas pela diferenciação e pela média, respectivamente, da curva de produção, conforme Zeide (1993).



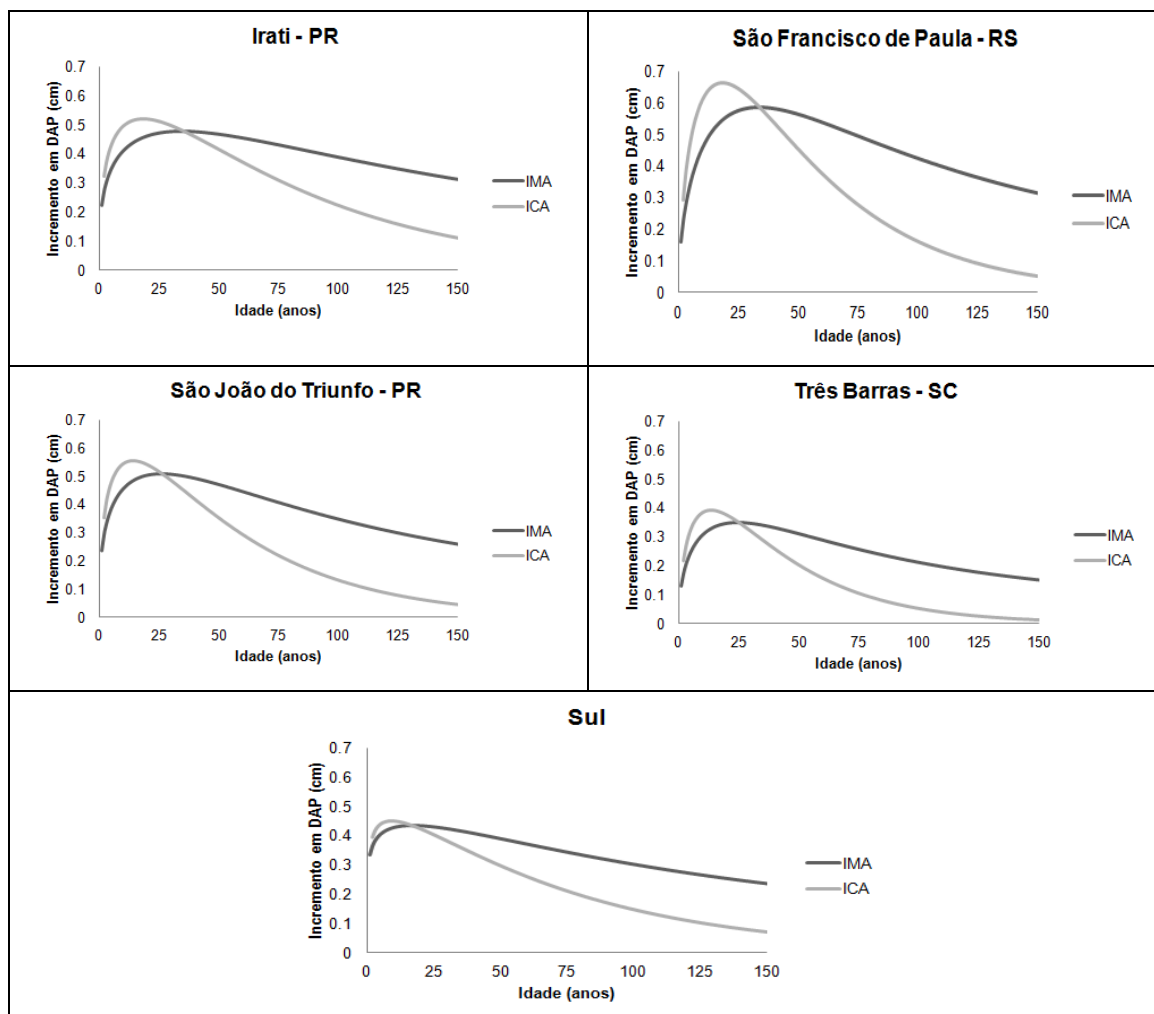


FIGURA26 -CURVAS DE INCREMENTO CORRENTE E INCREMENTO MÉDIO ANUAL PARAC. *fissilis* NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL ESTIMADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

Assim como as curvas de produção tiveram culminações diferentes, as curvas de incremento corrente e incremento médio apresentaram formas diferenciadas de local para local, bem como o momento em que as curvas formam uma intersecção. Nesse ponto em que, teoricamente, seria necessário fazer uma intervenção na floresta, foram encontradas idades diferentes entre cada local. Em Três Barras e São João do Triunfo e Chapecó as se curvas cruzaram próximo aos 25 anos; em Caçador, próximo aos 30 anos e, em Irati e São Francisco de Paula, próximo aos 35 anos, onde o crescimento foi menor.



### 5.6.3. *Ocotea porosa*

Os valores dos coeficientes e estatísticas dos modelos de crescimento e produção em função da idade, estimados para imbuia nos quatro diferentes locais do sul do Brasil em que a espécie se encontra, e também de todos os locais juntos podem ser visualizados na TABELA 26.

TABELA26 -COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA *O. porosa* EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS.

Modelos	Caçador - SC						Iratí -PR					
	Estatísticas			Coeficientes			Estatísticas			Coeficientes		
	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	23,7	0,8322	47,56	0,010	1,345	-----	28,2	0,8853	72,81	0,010	1,539	-----
Bertalanfy	26,1	0,7958	35,60	0,022	-----	-----	33,6	0,8372	57,18	0,019	-----	-----
Weibull	25,4	0,8064	66,16	0,014	0,753	-----	26,0	0,9030	164,72	0,002	1,072	-----
Gompertz	21,7	0,8587	55,64	2,720	0,011	-----	24,0	0,9173	117,31	3,358	0,009	-----
Korf	22,6	0,8473	419,23	11,031	0,291	-----	26,6	0,8985	1679,6	12,56	0,253	-----
Logística	22,0	0,8548	43,52	8,522	0,022	-----	24,5	0,9138	73,69	13,725	0,023	-----
Hossfeld IV	21,7	0,8584	1362,5	3858	0,909	-----	25,0	0,9103	349,05	1820,2	1,140	-----
Monomolecular	21,6	0,8599	222,65	-0,994	0,001	-----	27,2	0,8938	127,69	-1,013	0,003	-----
Levakovic I	21,7	0,8586	16372	143522	0,901	0,995	24,4	0,9143	2708,3	4E+06	0,621	1,729
Levakovic III	22,7	0,8452	50,43	26368	0,586	-----	26,2	0,9016	97,10	44828	0,622	-----
Yoshida I	21,8	0,8575	229,17	853,14	0,620	0,983	24,1	0,9162	419,06	3762,7	1,973	1,237
Sloboda	<b>21,6</b>	<b>0,8606</b>	<b>174,03</b>	<b>5,235</b>	<b>0,103</b>	<b>0,481</b>	<b>23,6</b>	<b>0,9197</b>	<b>739,29</b>	<b>6,982</b>	<b>0,102</b>	<b>0,447</b>

Modelos	São João do Triunfo - PR						Três Barras - SC					
	Estatísticas			Coeficientes			Estatísticas			Coeficientes		
	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	32,6	0,6518	42,10	0,017	1,321	-----	50,9	0,5435	41,13	0,018	1,178	-----
Bertalanfy	33,8	0,6243	42,79	0,05	-----	-----	52,6	0,5133	27,18	0,058	-----	-----
Weibull	32,6	0,6520	50,99	0,012	1,096	-----	51,0	0,5414	50,70	0,015	0,922	-----
Gompertz	32,7	0,6509	46,94	2,481	0,034	-----	50,9	0,5439	34,64	2,693	0,037	-----
Korf	32,8	0,6488	140,22	7,449	0,401	-----	51,0	0,5427	214,89	7,896	0,319	-----
Logística	32,8	0,6471	44,85	6,628	0,052	-----	51,1	0,5407	30,60	8,346	0,065	-----
Hossfeld IV	32,7	0,6509	65,85	130,41	1,202	-----	50,8	0,5454	137,53	218,0	0,955	-----
Monomolecular	32,6	0,6515	54,05	-1,013	0,016	-----	50,8	0,5455	63,17	-0,996	0,009	-----
Levakovic I	32,6	0,6519	53,46	2,E+04	0,422	2,204	50,8	0,5448	119,15	2E+03	0,694	1,286
Levakovic III	<b>32,6</b>	<b>0,6521</b>	<b>55,00</b>	<b>6372,7</b>	<b>0,476</b>	-----	<b>50,8</b>	<b>0,5457</b>	<b>55,74</b>	<b>15887</b>	<b>0,459</b>	-----
Yoshida I	33,0	0,6440	182,53	40,30	-7,310	0,600	50,8	0,5450	109,46	213,5	0,376	1,016
Sloboda	32,6	0,6516	50,64	3,412	0,113	0,719	50,8	0,5451	57,17	4,734	0,209	0,522

Sul						
Modelos	Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	47,9	0,5322	41,25	0,020	1,612	-----
Bertalanfy	49,2	0,5072	31,63	0,043	-----	-----
Weibull	47,5	0,5401	42,97	0,015	0,950	-----
Gompertz	47,7	0,5357	35,38	2,374	0,028	-----
Korf	47,5	0,5400	135,65	7,114	0,336	-----
Logística	48,0	0,5298	33,53	6,385	0,044	-----
Hossfeld IV	<b>47,5</b>	<b>0,5404</b>	<b>56,02</b>	<b>108,50</b>	<b>1,048</b>	-----
Monomolecular	47,5	0,5400	41,30	-0,991	0,013	-----
Levakovic I	47,5	0,5398	42,78	11999	0,426	1,99
Levakovic III	47,5	0,5399	42,66	12492	0,424	-----
Yoshida I	47,5	0,5403	52,94	130,88	0,544	1,11
Sloboda	47,5	0,5402	47,22	5,78	0,372	0,42

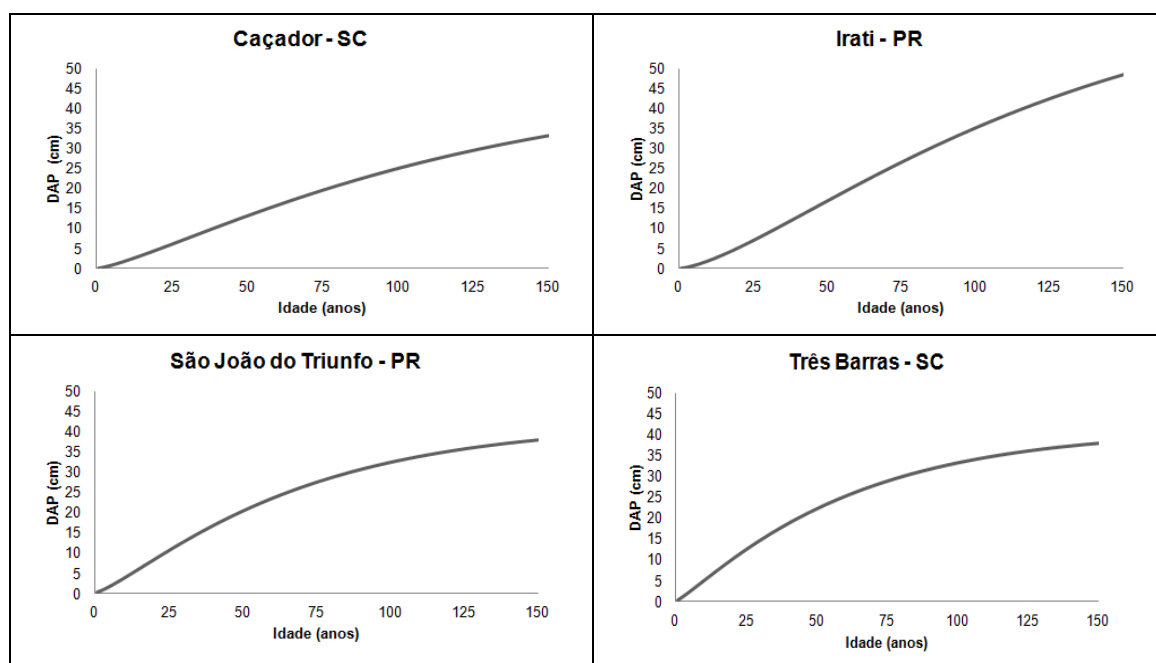
Ao analisar a TABELA 26, observa-se que os ajustes do incremento em diâmetro em função da idade da imbuia nos quatro diferentes locais no sul do Brasil

em que ocorria a espécie, apresentam estatísticas diferenciadas entre os locais. Os maiores coeficientes de determinação ajustados foram verificados para Irati, em que o modelo de Sloboda chegou a 0,9197 para esta estatística, seguido de Caçador onde o mesmo modelo foi o de melhor desempenho com 0,8668 de  $R^2$  ajustado; para Caçador foram observados os menores erros padrão de estimativa com o modelo de Sloboda apresentado o menor valor para esta estatística (21,6%).

Os piores ajustes para a imbuia, da mesma forma como já havia ocorrido para o cedro, foram observados com os dados de Três Barras, em que o modelo com o melhor desempenho foi o de Levakovic III com  $R^2$  ajustado de 0,5457 e erro padrão de 50,8%.

As estatísticas para os dados de todos os locais, da mesma forma como ocorreu para os ajustes do cedro, apresentam alguns valores inferiores aos de cada local individual, mas superiores a outros, como por exemplo, os de Três Barras.

As curvas de produção em diâmetro em função da idade estimada para cada local onde haviam indivíduos da espécie em questão, podem ser observados na FIGURA 27.



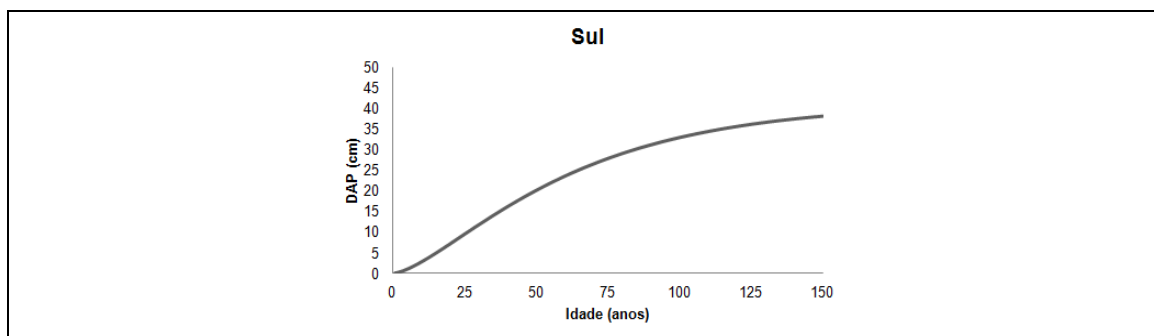
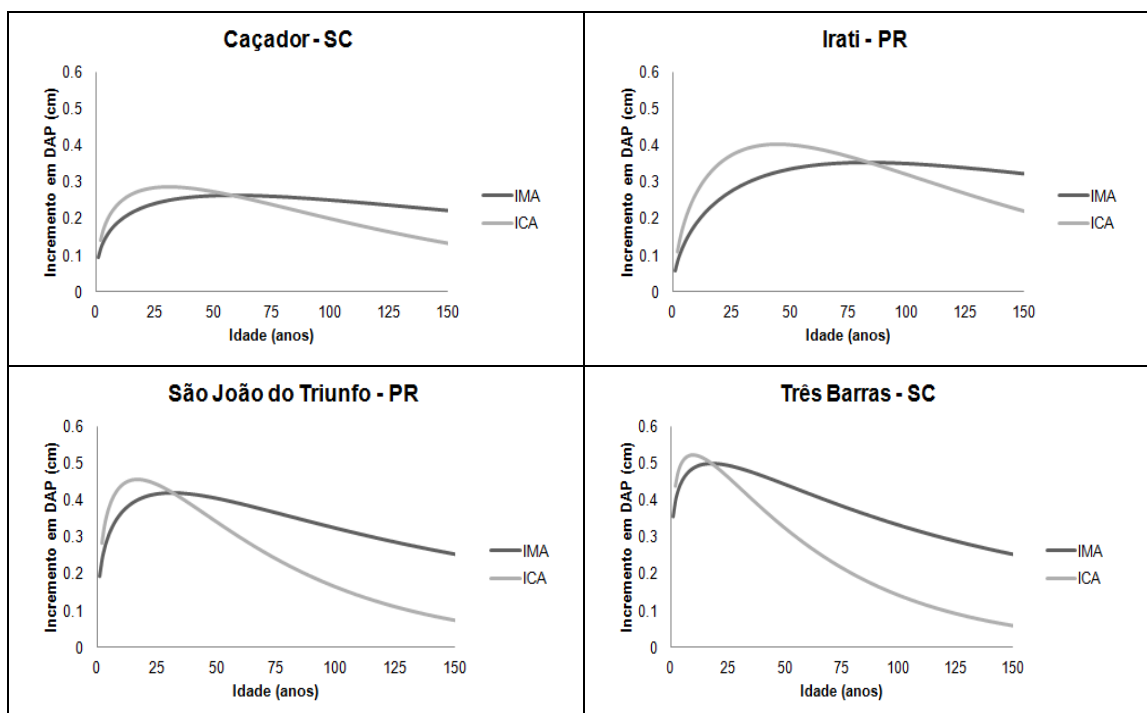


FIGURA27 -CURVAS DE PRODUÇÃO EM DAP ESTIMADAS PARA *O. porosa* NOS DIFERENTES LOCAIS DO SUL DO BRASIL GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

Observa-se na FIGURA 27 que, enquanto as curvas de produção de Três Barras e São João do Triunfo chegaram a caracterizar um estado senil próximo dos 120 anos, para os dados de Caçador e Irati a espécie continua crescendo sem estabilizar. O cruzamento das curvas de ICA e IMA apresenta-se proporcional, ou seja, acontece mais rapidamente em Três Barras e São João do Triunfo do que em Caçador e Irati.

As curvas de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA), obtidas respectivamente por diferenciação e pela média da curva de produção, podem ser observadas na FIGURA 28.



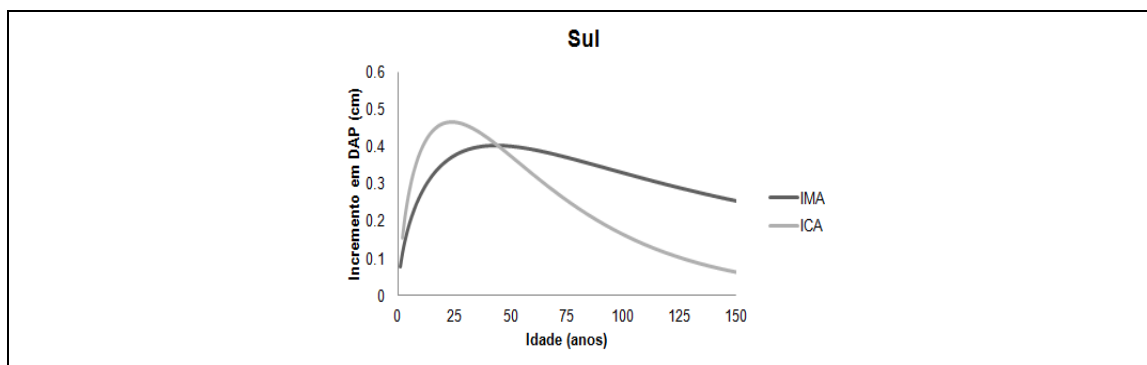


FIGURA28 -CURVAS DE INCREMENTO CORRENTE E INCREMENTO MÉDIO ANUAL PARA *O. porosa* IMBUIA NOS DIFERENTES LOCAIS AMOSTRADOS ESTIMADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

Ao observar as curvas de produção (FIGURA 27) e as curvas de ICA e IMA (FIGURA 28) e sem levar em consideração a competição e idade das árvores, observa-se que a espécie cresce com maiores taxas em Três Barras e São João do Triunfo, locais em que a espécie é mais adaptada. Esses resultados corroboram com a afirmação de Marchiori (1997) de que a espécie ocorre mais abundantemente na bacia do rio Iguaçu e justamente nos locais mais próximos deste rio, onde foram coletadas as amostras, a espécie apresenta maior crescimento.

## 5.7. MODELAGEM DO DIÂMETRO EM FUNÇÃO DA IDADE PARA TODAS AS ÁRVORES

A seguir são apresentados os valores dos ajustes dos modelos matemáticos que visaram estimar a produção em diâmetro em função da idade das três espécies estudadas, com base em todos os indivíduos amostrados e não somente com aqueles em que foi possível encontrar a medula no momento da tradagem.

### 5.7.1. *Araucaria angustifolia*

Os coeficientes e estatísticas dos modelos de crescimento e produção em diâmetro em função da idade, estimados para a araucária dos seis diferentes locais

do sul do Brasil, e também de todos os locais agrupados podem ser visualizados na TABELA 27.

TABELA27 -COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA *A. angustifolia* EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS

Modelos	Caçador - SC						Chapecó -SC					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	28,7	0,8006	120,34	0,005	1,211	-----	43,1	0,5942	45,869	0,015	1,292	-----
Bertalanfy	33,1	0,7353	100,17	0,011	-----	-----	47,2	0,5141	39,138	0,030	-----	-----
Weibull	27,7	0,8142	609,73	0,001	0,886	-----	42,3	0,6082	2564,3	0,000	0,767	-----
Gompertz	28,2	0,8072	133,14	2,637	0,007	-----	42,9	0,5980	38,358	2,438	0,025	-----
Korf	28,3	0,8063	1119,3	12,02	0,273	-----	42,5	0,6056	189,98	8,032	0,322	-----
Logística	28,8	0,8001	111,87	8,116	0,012	-----	43,4	0,5892	34,967	6,615	0,040	-----
Hossfeld IV	27,7	0,8147	3209,4	4656,0	0,861	-----	42,3	0,6082	241,85	300,3	0,827	-----
Monomolecular	27,7	0,8142	373,30	-0,991	0,001	-----	42,4	0,6069	59,116	-0,985	0,007	-----
Levakovic I	<b>27,7</b>	<b>0,8148</b>	<b>2084,5</b>	<b>3,E+06</b>	<b>0,534</b>	<b>1,587</b>	42,4	0,6080	1000,4	1,E+06	0,504	1,513
Levakovic III	28,4	0,8050	137,17	121139	0,521	-----	42,7	0,6016	40,851	8122	0,508	-----
Yoshida I	27,9	0,8121	628,45	813,8	-1,78	0,864	<b>42,3</b>	<b>0,6084</b>	<b>301,27</b>	<b>281,09</b>	<b>-1,02</b>	<b>0,765</b>
Sloboda	27,7	0,8145	558,73	6,651	0,175	0,352	42,4	0,6079	200,11	9,091	0,526	0,241

Modelos	Irati - PR						São Francisco de Paula – RS					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	39,1	0,5961	55,939	0,027	1,368	-----	46,1	0,6013	60,498	0,019	1,477	-----
Bertalanfy	40,1	0,5755	53,799	0,045	-----	-----	47,7	0,5724	53,625	0,034	-----	-----
Weibull	38,8	0,6016	64,104	0,021	0,929	-----	45,7	0,6076	110,39	0,010	0,888	-----
Gompertz	39,3	0,5928	56,780	2,492	0,034	-----	45,4	0,6120	80,164	2,730	0,018	-----
Korf	<b>38,6</b>	<b>0,6070</b>	<b>90,87</b>	<b>10,26</b>	<b>0,613</b>	-----	45,4	0,6124	437,71	9,833	0,329	-----
Logística	39,7	0,5840	54,859	6,992	0,052	-----	45,8	0,6053	66,289	8,58	0,035	-----
Hossfeld IV	38,6	0,6057	70,615	127,9	1,246	-----	<b>45,0</b>	<b>0,6194</b>	<b>1E+04</b>	<b>1E+04</b>	<b>0,892</b>	-----
Monomolecular	38,8	0,6018	61,403	-1,021	0,018	-----	45,0	0,6188	240,85	-0,995	0,002	-----
Levakovic I	39,9	0,5794	2689,2	4E+06	0,419	1,171	45,0	0,6193	1910,2	2,E+06	0,537	1,658
Levakovic III	40,2	0,5741	55,281	3E+02	2,994	-----	45,6	0,6095	76,72	10999	0,580	-----
Yoshida I	38,6	0,6058	74,34	92,7	-1,62	1,160	45,0	0,6187	507,77	753,9	0,587	0,962
Sloboda	38,6	0,6063	74,719	49,351	1,998	0,190	45,0	0,6186	282,03	6,023	0,192	0,410

Modelos	São João do Triunfo - PR						Três Barras – SC					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	41,9	0,5896	45,243	0,022	1,296	-----	32,3	0,6799	40,45	0,025	1,567	-----
Bertalanfy	43,3	0,5617	39,706	0,043	-----	-----	36,8	0,6138	35,41	0,067	-----	-----
Weibull	41,9	0,5895	67,338	0,016	0,867	-----	30,8	0,7281	76,17	0,031	0,684	-----
Gompertz	41,9	0,5887	44,763	2,531	0,030	-----	33,2	0,6852	46,09	1,996	0,029	-----
Korf	41,8	0,5911	155,15	7,839	0,377	-----	30,5	0,7335	162,8	5,57	0,297	-----
Logística	42,2	0,5833	42,340	7,051	0,047	-----	34,3	0,6635	43,37	4,69	0,046	-----
Hossfeld IV	41,7	0,5919	68,07	144,1	1,146	-----	30,8	0,7297	94,85	47,2	0,764	-----
Monomolecular	<b>41,7</b>	<b>0,5919</b>	<b>53,530</b>	<b>-1,010</b>	<b>0,013</b>	-----	31,6	0,7138	51,61	-0,95	0,015	-----
Levakovic I	42,3	0,5819	1041,3	8E+05	0,464	1,428	31,1	0,7229	2679	4E+06	0,441	1,189
Levakovic III	41,7	0,5921	54,002	1E+04	0,468	-----	31,5	0,7170	56,82	2E+04	0,314	-----
Yoshida I	41,8	0,5918	65,05	171,7	0,586	1,200	<b>30,5</b>	<b>0,7348</b>	<b>486,2</b>	<b>55,78</b>	<b>-10,6</b>	<b>0,401</b>
Sloboda	41,7	0,5918	56,78	5,465	0,301	0,476	30,8	0,7280	76,52	6,212	0,569	0,298

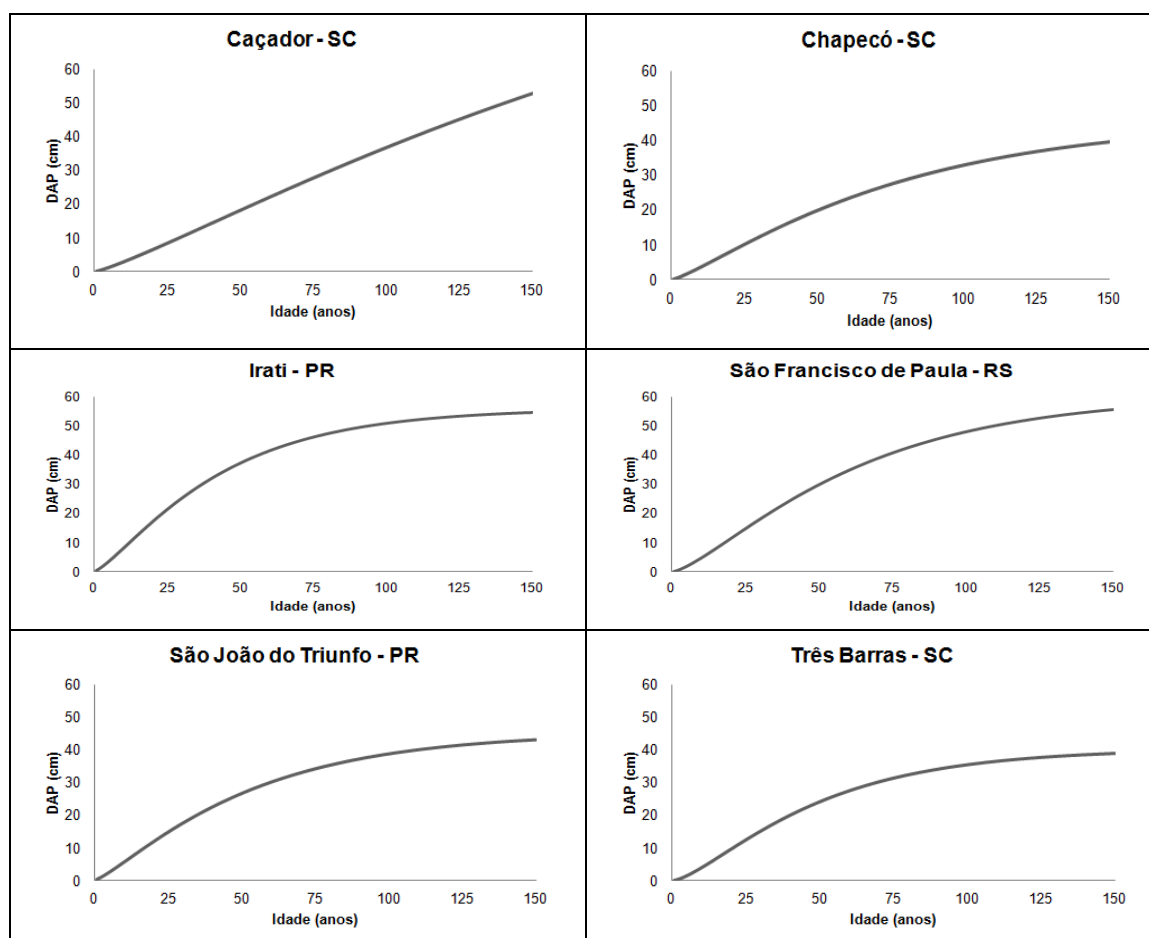
  

Modelos	Sul					
	Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	40,2	0,7129	90,95	0,007	1,102	-----
Bertalanfy	46,7	0,6113	65,85	0,023	-----	-----
Weibull	38,7	0,7334	167,79	0,008	0,767	-----
Gompertz	39,9	0,7168	107,17	2,290	0,008	-----
Korf	38,8	0,7317	969,5	8,61	0,219	-----
Logística	40,8	0,7034	96,83	6,304	0,014	-----
Hossfeld IV	<b>38,2</b>	<b>0,7402</b>	<b>32229</b>	<b>19997</b>	<b>0,700</b>	-----
Monomolecular	38,7	0,7335	169,46	-0,965	0,002	-----
Levakovic I	38,2	0,7401	3898	4E+04	0,728	0,96
Levakovic III	38,9	0,7308	117,06	133274	0,389	-----
Yoshida I	38,2	0,7398	2069	1353,8	0,097	0,72
Sloboda	38,3	0,7386	488,9	5,93	0,189	0,33

Em relação às estimativas feitas para a produção em diâmetro das amostras que apresentavam a medula, as mesmas equações tiveram desempenho inferior em relação ao coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da estimativa. Para o  $R^2$  os melhores ajustes foram observados nos dados vindos de Caçador com  $R^2$  ajustado de 0,8148 para o melhor, seguido de Três Barras, para a qual se obteve 0,7348 para o  $R^2$  ajustado.

Em relação ao erro padrão da estimativa, os melhores resultados foram observados para Caçador e Três Barras com 27,7 e 30,5% respectivamente para ambos os locais. Porém foi possível observar que em alguns locais esta estatística apresentou valores próximos ou superiores a 40%, como em São Francisco de Paula Chapecó e São João do Triunfo.

Com estes ajustes desenvolvidos, foi possível gerar as curvas de produção em diâmetro, com base em todas as árvores amostradas, para cada local (FIGURA 29).



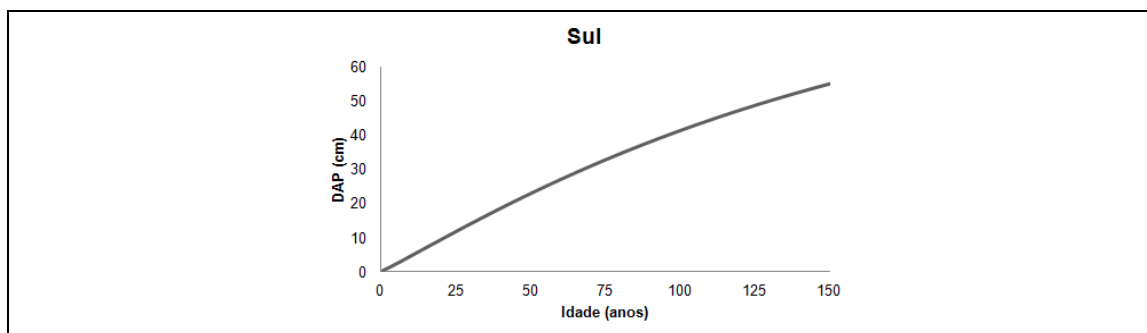
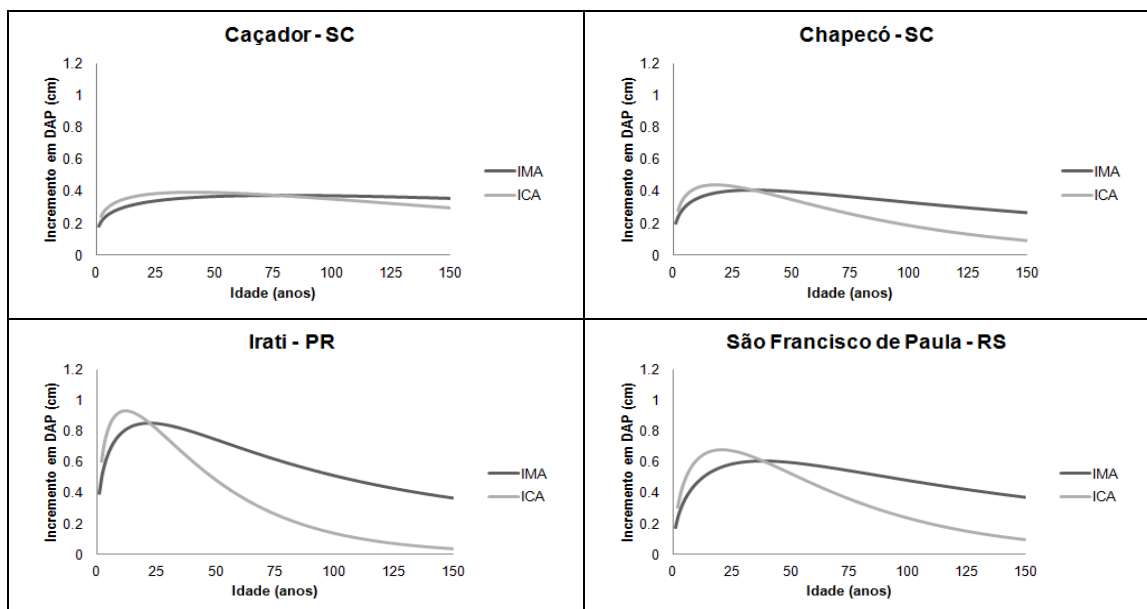


FIGURA29 -CURVAS DE PRODUÇÃO EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE *A. angustifolia* DOS DIFERENTES LOCAIS AMOSTRADOS GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

Observou-se nas curvas de produção em diâmetro para todas as árvores amostradas, a mesma tendência observada nas curvas de produção em diâmetro para somente aquelas árvores que apresentavam a medula, em que a culminação do crescimento foi diferente entre os locais, estabilizou-se mais rapidamente em Três Barras e São João do Triunfo, seguido de Irati, São Francisco de Paula, Chapecó e Caçador.

O maior tempo para cruzamento das curvas de ICA e IMA também foi observado em todos os locais conforme a FIGURA 30.



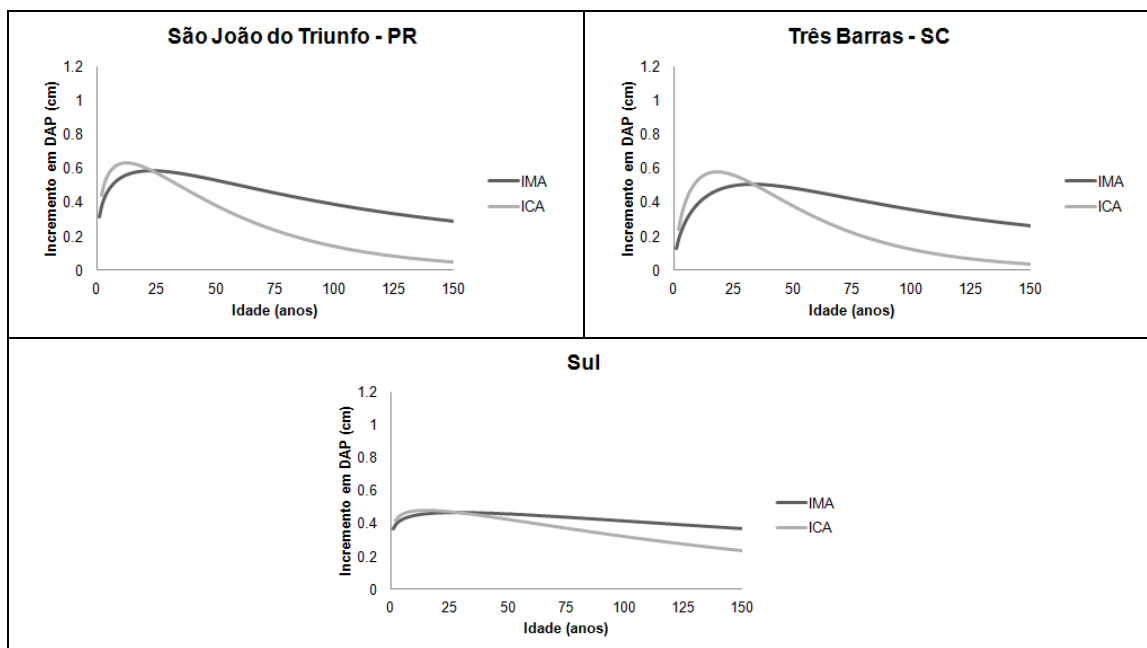


FIGURA30 -CURVAS DE ICA E IMA EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE *A. angustifolia* DOS DIFERENTES LOCAIS ESTIIMANDAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

#### 5.7.2. *Cedrela fissilis*

Em relação ao cedro, os coeficientes e estatísticas dos modelos de crescimento e produção em diâmetro para todas as árvores, estimados para os diferentes locais do sul do Brasil, etambém de todos os locais agrupados podem ser visualizados na TABELA 28.

O comportamento das modelagens para o cedro com base em todas as árvores amostradas nas diferentes localidades pesquisadas, apresentaram as estatísticas, em alguns casos, mais eficientes às encontradas para os indivíduos que apresentavam a medula. O melhor desempenho foi observado em Três Barras, onde o  $R^2$  ajustado para o melhor ajuste foi de 0,8943 e erro padrão de 23,8%, sendo estas estatísticas as melhores dentre todos os locais. Nos demais locais, o  $R^2$  ajustado variou de 0,7437 (Chapecó) a 0,8522 (São João do Triunfo). Em relação ao erro padrão da estimativa, o pior resultado foi obtido em São Francisco de Paula (36,1%) seguido de Chapecó (35,6 %), Caçador (31,7%), São João do Triunfo (28,7%) e Irati (24,5 %).



TABELA28 -COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA *C. fissilis* EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS

Modelos	Caçador – SC						Chapecó - SC					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d
Chapman-Richards	31,7	0,7591	67,511	0,011	1,179	-----	36,7	0,7276	63,535	0,011	1,252	-----
Bertalanfy	35,7	0,6941	60,189	0,026	-----	-----	42,5	0,6343	60,409	0,021	-----	-----
Weibull	32,8	0,7418	89,083	0,015	0,807	-----	37,2	0,7196	74,280	0,010	0,876	-----
Gompertz	31,8	0,7576	53,786	2,811	0,026	-----	36,1	0,7371	58,681	2,870	0,018	-----
Korf	31,8	0,7572	205,77	10,11	0,403	-----	36,1	0,7367	521,58	10,084	0,287	-----
Logística	32,2	0,7523	49,421	8,838	0,042	-----	36,6	0,7292	48,251	9,668	0,035	-----
Hossfeld IV	31,7	0,7589	91,480	287,9	1,200	-----	35,6	0,7435	748,71	1637,1	0,960	-----
Monomolecular	31,8	0,7585	77,409	-1,013	0,008	-----	36,7	0,7277	62,509	-1,024	0,009	-----
Levakovic I	32,2	0,7521	1625,7	4,E+05	0,567	1,394	<b>35,6</b>	<b>0,7437</b>	<b>1767,5</b>	<b>721279</b>	<b>0,606</b>	<b>1,539</b>
Levakovic III	<b>31,7</b>	<b>0,7594</b>	<b>69,215</b>	<b>15311</b>	<b>0,519</b>	-----	36,3	0,7331	56,892	12223	0,600	-----
Yoshida I	31,8	0,7578	135,20	190,9	-1,31	0,980	35,7	0,7423	236,80	587,82	0,042	1,011
Sloboda	31,7	0,7586	95,032	9,845	0,567	0,322	35,6	0,7436	540,98	7,754	0,226	0,335

Modelos	Irati – PR						São Francisco de Paula – RS					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d
Chapman-Richards	24,5	0,8505	65,993	0,009	1,130	-----	37,8	0,7205	48,982	0,024	1,417	-----
Bertalanfy	29,8	0,7782	55,828	0,024	-----	-----	39,9	0,6888	41,589	0,045	-----	-----
Weibull	25,6	0,8361	86,683	0,012	0,820	-----	37,0	0,7328	59,495	0,012	0,980	-----
Gompertz	24,7	0,8483	51,932	2,761	0,022	-----	36,6	0,7389	43,584	2,993	0,037	-----
Korf	24,7	0,8481	220,25	10,03	0,374	-----	36,4	0,7416	298,34	8,995	0,337	-----
Logística	25,3	0,8411	47,598	8,646	0,036	-----	37,1	0,7305	35,525	10,36	0,072	-----
Hossfeld IV	24,5	0,8502	90,662	303,9	1,160	-----	<b>36,1</b>	<b>0,7461</b>	<b>812,74</b>	<b>1447,4</b>	<b>1,000</b>	-----
Monomolecular	24,5	0,8499	73,448	-1,009	0,007	-----	36,1	0,7459	235,49	-1,001	0,002	-----
Levakovic I	25,2	0,8421	1961,9	3E+06	0,508	1,526	36,1	0,7456	241,57	3420	0,749	1,346
Levakovic III	24,5	0,8509	67,050	2E+04	0,501	-----	36,1	0,7459	149,83	75660	0,497	-----
Yoshida I	24,6	0,8491	128,46	212,6	-1,02	0,972	36,1	0,7458	917,52	1553,7	-0,14	0,987
Sloboda	<b>24,5</b>	<b>0,8508</b>	<b>64,527</b>	<b>4,435</b>	<b>0,132</b>	<b>0,599</b>	36,1	0,7449	145,41	6,299	0,244	0,432

Modelos	São João do Triunfo - PR						Três Barras – SC					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d
Chapman-Richards	29,0	0,8485	55,604	0,011	1,114	-----	27,5	0,8593	62,964	0,011	1,307	-----
Bertalanfy	38,8	0,7290	50,709	0,026	-----	-----	35,3	0,7679	59,105	0,022	-----	-----
Weibull	28,7	0,8519	89,647	0,006	0,943	-----	28,5	0,8707	101,70	0,007	0,906	-----
Gompertz	29,5	0,8433	46,575	2,668	0,022	-----	25,0	0,8838	83,187	2,880	0,013	-----
Korf	29,0	0,8489	335,20	8,812	0,293	-----	25,9	0,8749	512,29	10,59	0,302	-----
Logística	30,4	0,8335	41,441	8,378	0,039	-----	26,2	0,8725	67,752	10,19	0,025	-----
Hossfeld IV	<b>28,7</b>	<b>0,8522</b>	<b>261,27</b>	<b>404,7</b>	<b>0,893</b>	-----	24,3	0,8906	375,56	858,2	0,983	-----
Monomolecular	28,7	0,8518	83,089	-0,993	0,005	-----	24,8	0,8853	115,49	-1,00	0,004	-----
Levakovic I	28,7	0,8518	1878,4	3E+06	0,520	1,567	24,0	0,8933	3736,3	9E+06	0,553	1,653
Levakovic III	29,1	0,8473	58,816	2E+04	0,477	-----	25,5	0,8788	81,501	3E+04	0,537	-----
Yoshida I	28,7	0,8522	294,86	399,2	-0,43	0,862	23,9	0,8939	988,48	2993	1,647	1,018
Sloboda	28,7	0,8520	182,84	8,250	0,428	0,286	<b>23,8</b>	<b>0,8943</b>	<b>418,70</b>	<b>6,407</b>	<b>0,150</b>	<b>0,403</b>

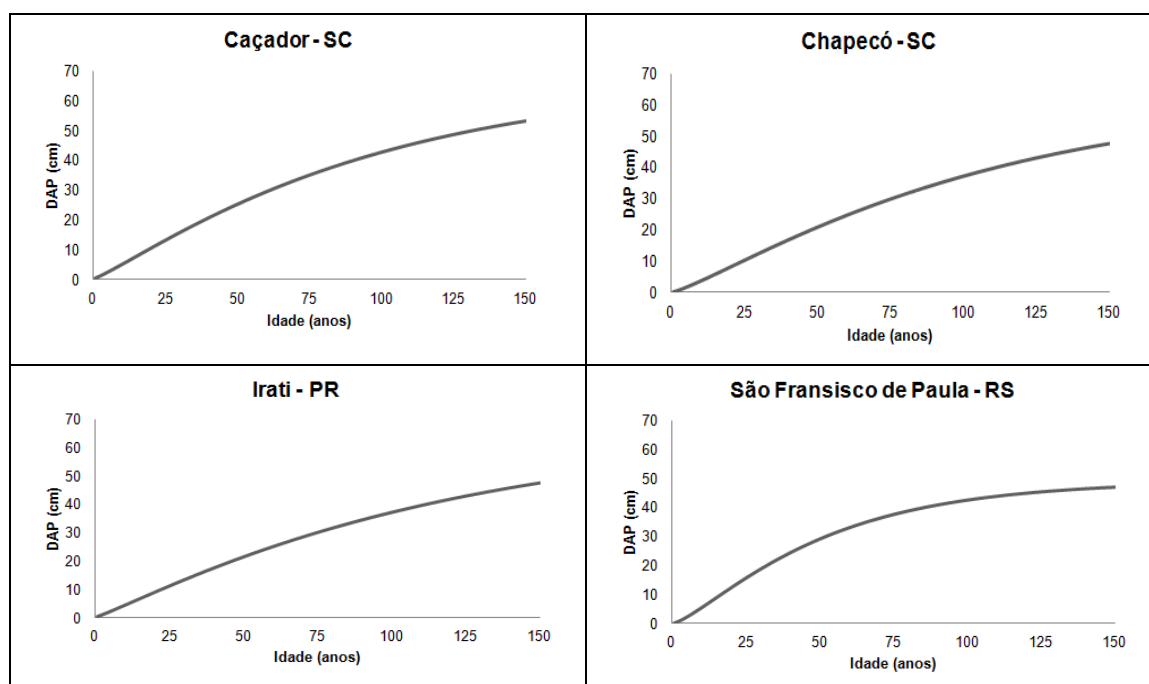
  

Modelos	Sul					
	Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajus	a	b	c	d
Chapman-Richards	32,4	0,7918	61,07	0,012	1,222	-----
Bertalanfy	38,4	0,7088	56,45	0,025	-----	-----
Weibull	32,9	0,7857	86,56	0,010	0,867	-----
Gompertz	32,6	0,7903	54,66	2,738	0,021	-----
Korf	32,7	0,7883	150,0	11,82	0,466	-----
Logística	33,2	0,7816	48,71	8,720	0,036	-----
Hossfeld IV	32,2	0,7955	146,8	310,6	1,016	-----
Monomolecular	32,1	0,7955	92,11	-0,999	0,005	-----
Levakovic I	32,3	0,7932	1957	3E+06	0,519	1,58
Levakovic III	32,4	0,7919	66,60	18630	0,510	-----
Yoshida I	32,1	0,7955	131,6	336,7	0,459	1,06
Sloboda	<b>32,1</b>	<b>0,7955</b>	<b>107,4</b>	<b>6,36</b>	<b>0,289</b>	<b>0,40</b>

As curvas de produção geradas por estes ajustes podem ser visualizadas na FIGURA 31. Em quase todos os locais foi possível observar a mesma tendência que

ocorreu com os dados da araucária, onde o crescimento das árvores para esta modelagem com todas as árvores amostradas, atingem a senescência em um período mais longo de tempo em relação à modelagem com as amostras que apresentavam a medula. Este fato pode ser atribuído às dimensões das árvores em cada um dos processos de modelagem, ou seja, no caso dos ajustes somente com indivíduos que apresentaram a medula, com árvores de dimensões inferiores e, muitas vezes, suprimidas, fazem com que a assíntota das curvas estimadas seja atingida precocemente. Já em relação à modelagem com todos os indivíduos, pelo fato de muitos destes apresentarem grandes dimensões e estarem em um estrato dominante na floresta (receberam as melhores condições para o crescimento), as curvas de produção atingem a assíntota em um período um pouco maior no tempo, porém com uma produção muito maior.

Neste tipo de modelagem, um maior número de indivíduos e com dimensões maiores podem gerar informações mais detalhadas do que as obtidas somente utilizando as amostras com medula.



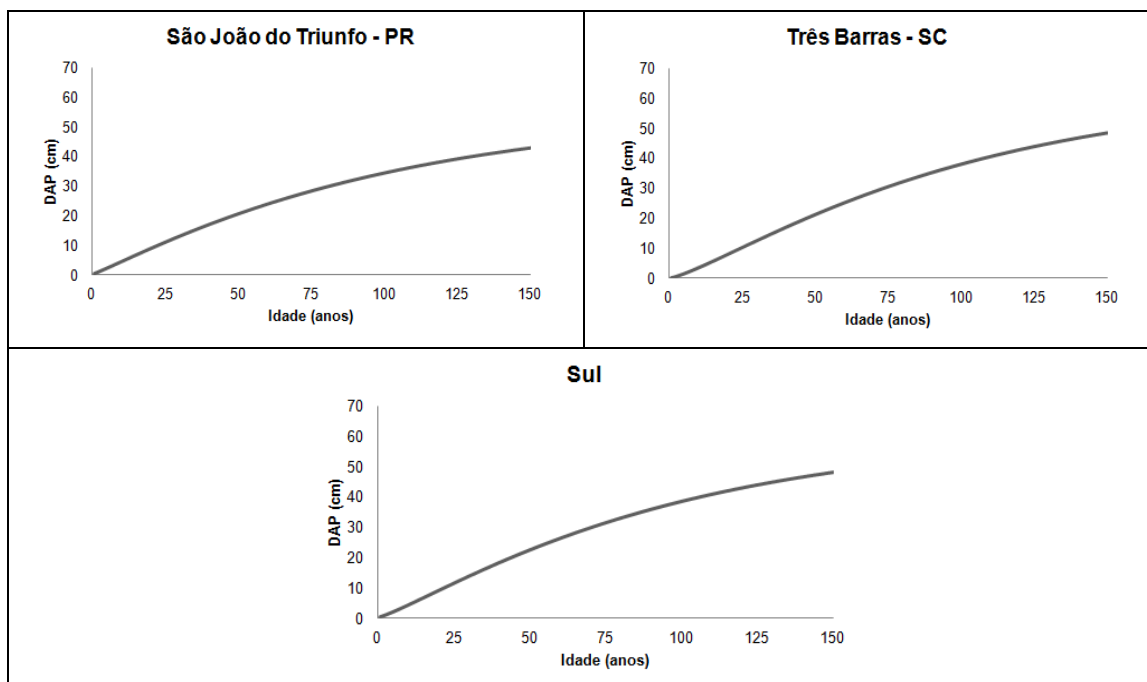
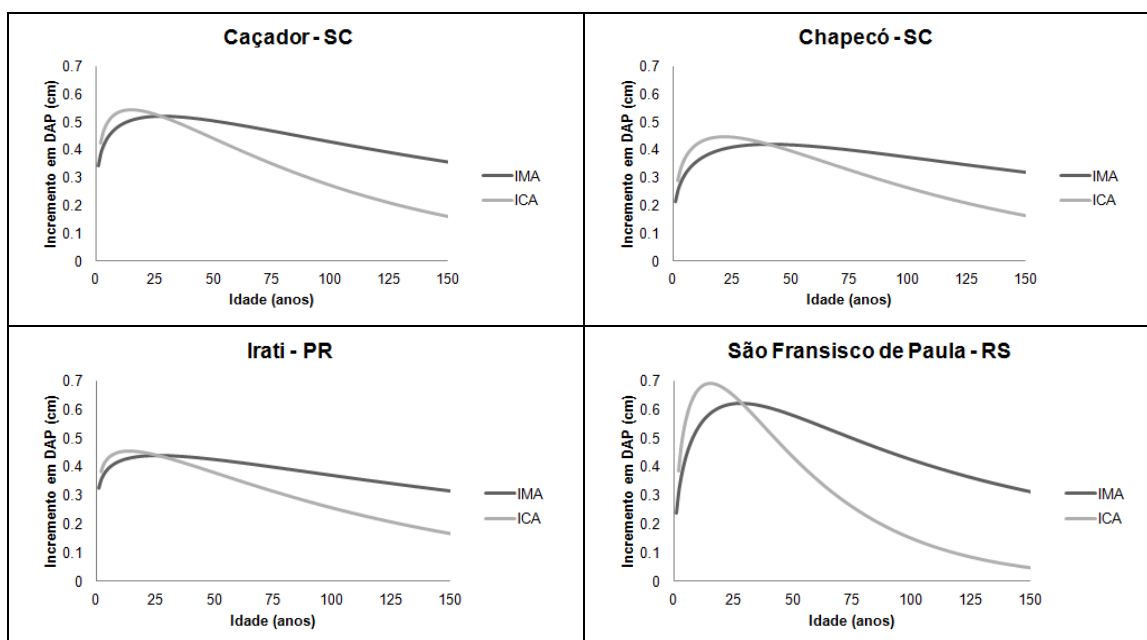


FIGURA31 -CURVAS DE PRODUÇÃO EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE *C. fissilis* NOS DIFERENTES LOCAIS GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

O maior tempo que as curvas de ICA e IMA levam para se interseccionar também foi verificado para esta modalidade de modelagem docedro, conforme visualizado na FIGURA 32.



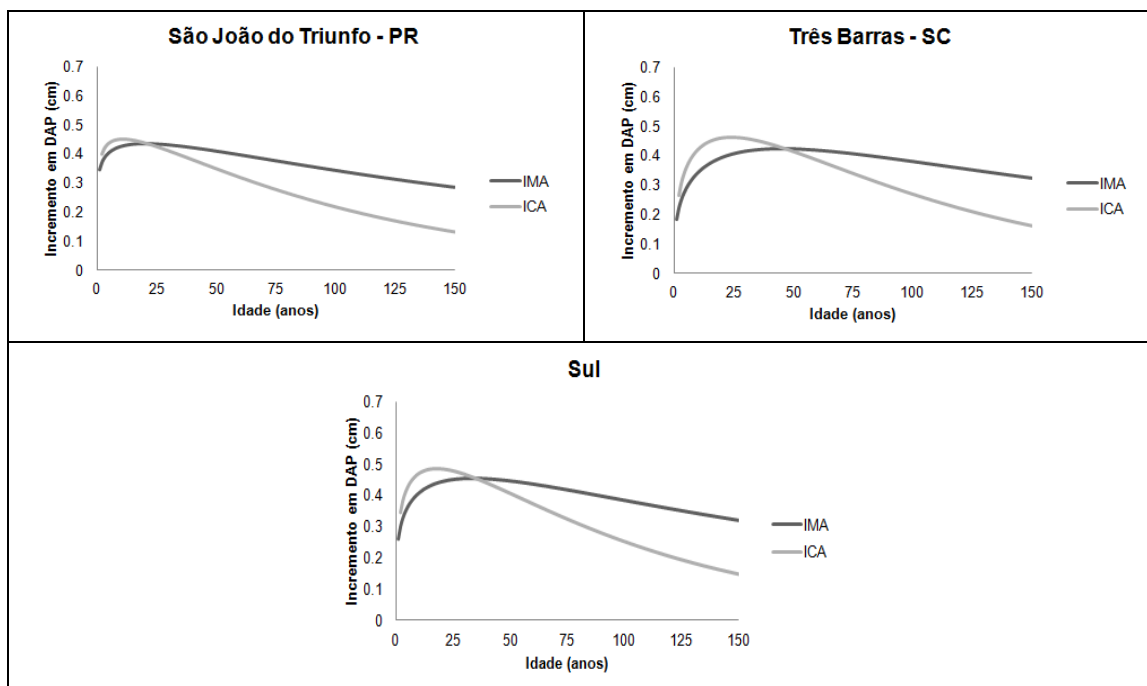


FIGURA32 -CURVAS DE ICA E IMA EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE *C. fissilis* DOS DIFERENTES LOCAIS ESTIMADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

### 5.7.3. *Ocotea porosa*

Para a imbuia, estatísticas dos modelos de crescimento e produção em diâmetro em função da idade para todos os indivíduos amostrados, bem como os coeficientes ajustados para os quatro diferentes locais do sul do Brasil em que a espécie ocorre, e também de todos os locais agrupados podem ser visualizados na TABELA 29.

Esta modalidade de modelagem para a imbuia apresentou estatística um pouco inferiores para o  $R^2$  ajustado em relação às outras duas espécies estudadas. O maior coeficiente de determinação ajustado foi verificado em Caçador (0,7899), seguido de Irati (0,6977), Três Barras (0,6416) e São João do Triunfo (0,6263). Em relação ao erro padrão da estimativa, os valores gerados foram semelhantes aos encontrados para as outras duas espécies, variando de 28 % (Caçador) a 48,4% (Três Barras).

TABELA29 -COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO EM DIÂMETRO (CM) PARA *O. porosa* EM FUNÇÃO DA IDADE PARA OS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS

Modelos	Caçador – SC						Iratí – PR					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	C	D	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	28,3	0,7868	60,96	0,007	1,182	-----	40,2	0,6905	61,16	0,011	1,377	-----
Bertalanfy	34,7	0,6780	61,50	0,013	-----	-----	43,4	0,6381	60,88	0,018	-----	-----
Weibull	28,0	0,7898	89,79	0,004	0,967	-----	41,0	0,6778	102,76	0,010	0,788	-----
Gompertz	29,1	0,7744	70,97	2,546	0,008	-----	40,1	0,6921	61,85	2,720	0,015	-----
Korf	28,1	0,7892	568,07	10,152	0,257	-----	39,8	0,6957	413,21	10,60	0,312	-----
Logística	28,9	0,7766	47,53	8,064	0,021	-----	40,6	0,6845	54,89	8,498	0,026	-----
Hossfeld IV	28,0	0,7899	139,45	445	0,993	-----	<b>39,7</b>	<b>0,6977</b>	<b>220,51</b>	<b>493,9</b>	<b>0,968</b>	-----
Monomolecular	28,1	0,7898	83,08	-0,997	0,004	-----	39,7	0,6976	111,79	-0,997	0,003	-----
Levakovic I	28,1	0,7890	367,49	1,041	13,155	0,332	39,8	0,6957	305,73	1,310	11,314	0,391
Levakovic III	32,4	0,7193	43,53	1284	3,616	-----	40,0	0,6931	68,70	23943	0,575	-----
Yoshida I	<b>28,0</b>	<b>0,7899</b>	<b>133,01</b>	<b>465,89</b>	<b>0,210</b>	<b>1,013</b>	39,7	0,6975	268,21	423,3	-1,161	0,894
Sloboda	28,1	0,7888	67,50	3,780	0,065	0,654	39,7	0,6975	142,55	6,530	0,260	0,379

Modelos	São João do Triunfo – PR						Três Barras – SC					
	Estatísticas		Coeficientes				Estatísticas		Coeficientes			
	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	C	D	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d
Chapman-Richards	41,5	0,6140	63,655	0,015	1,243	-----	49,4	0,6269	70,380	0,012	1,337	-----
Bertalanfy	44,0	0,5658	60,638	0,026	-----	-----	53,2	0,5665	60,110	0,027	-----	-----
Weibull	40,9	0,6248	104,28	0,011	0,836	-----	50,2	0,6140	80,043	0,009	0,952	-----
Gompertz	41,6	0,6134	65,089	2,382	0,018	-----	48,7	0,6377	93,331	3,234	0,017	-----
Korf	40,9	0,6261	218,49	8,863	0,367	-----	49,3	0,6276	953,88	10,464	0,268	-----
Logística	42,2	0,6013	61,304	6,292	0,028	-----	49,0	0,6330	61,305	12,340	0,040	-----
Hossfeld IV	40,9	0,6258	117,06	164,30	0,985	-----	48,7	0,6366	348,66	1011,4	1,103	-----
Monomolecular	41,0	0,6245	78,196	-0,991	0,008	-----	49,6	0,6237	84,108	-1,018	0,007	-----
Levakovic I	41,3	0,6189	1755,6	4,E+06	0,444	1,449	48,6	0,6383	226,05	2E+07	0,375	2,775
Levakovic III	44,3	0,5612	54,338	541,9	3,432	-----	49,5	0,6253	67,308	9691,0	0,635	-----
Yoshida I	40,9	0,6260	136,63	119,13	-2,031	0,879	48,6	0,6382	295,94	1217,7	1,304	1,180
Sloboda	<b>40,9</b>	<b>0,6263</b>	<b>168,31</b>	<b>41,931</b>	<b>1,871</b>	<b>0,131</b>	<b>48,4</b>	<b>0,6416</b>	<b>301,96</b>	<b>5,184</b>	<b>0,065</b>	<b>0,611</b>

Sul												
Modelos	Estatísticas		Coeficientes									
	Syx%	R <sup>2</sup> ajust	a	b	c	d						
Chapman-Richards	45,4	0,5867	52,03	0,012	1,155	-----						
Bertalanfy	48,5	0,5271	50,73	0,023	-----	-----						
Weibull	44,9	0,5948	73,89	0,010	0,878	-----						
Gompertz	45,5	0,5840	50,54	2,360	0,017	-----						
Korf	<b>44,9</b>	<b>0,5957</b>	<b>238,12</b>	<b>8,261</b>	<b>0,308</b>	-----						
Logística	46,1	0,5736	47,10	6,260	0,027	-----						
Hossfeld IV	44,9	0,5953	99,33	164,44	0,950	-----						
Monomolecular	45,0	0,5939	61,95	-0,988	0,007	-----						
Levakovic I	44,9	0,5955	154,64	4,6	3,844	0,48						
Levakovic III	45,0	0,5938	68,86	59890	0,390	-----						
Yoshida I	44,9	0,5954	156,27	109,23	-2,81	0,75						
Sloboda	44,9	0,5955	102,99	11,00	0,733	0,24						

Em alguns casos de ajustes em que o erro padrão da estimativa foi próximo a 50%,pode ser em decorrência das árvores modeladas apresentarem crescimento diferenciados nas respectivas idades, ou algumas estão em ambiente favorável e outras suprimidas em períodos de igual idade, resultando assim em ajustes pouco precisos.

As curvas de produção geradas pelos melhores modelos desenvolvidos para imbuia nos diferentes locais podem ser observadas na FIGURA 33.

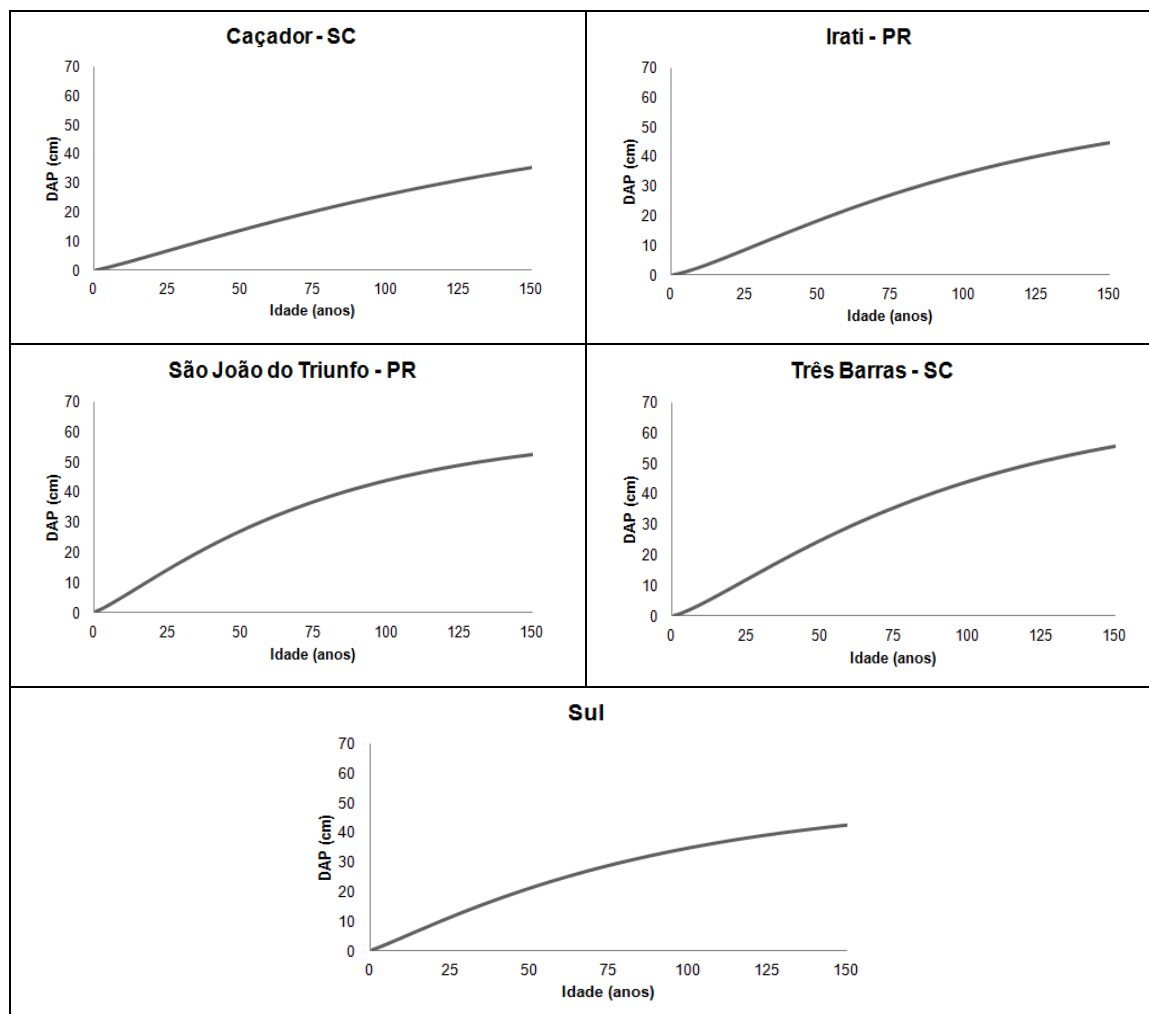


FIGURA33 -CURVAS DE PRODUÇÃO EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS DE *O. porosa* NOS DIFERENTES LOCAIS AMOSTRADOS GERADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

Observa-se nas curvas de produção estimadas que esta espécie é mais longeva dentre as que foram estudadas nesta pesquisa, pois em alguns locais como Caçador, por exemplo, onde estimou-se a produção até próximo dos 150 anos de idade, o crescimento ainda não atingiu o estado de estabilização.

Na FIGURA 34, observa-se que o cruzamento das curvas ocorre em períodos mais avançados no tempo, ou seja 55 anos para Irati, 40 para Caçador, 29 para São João do Triunfo e 41 para Três Barras indicando a dificuldade de um possível manejo sustentável desta espécie em diferentes locais.

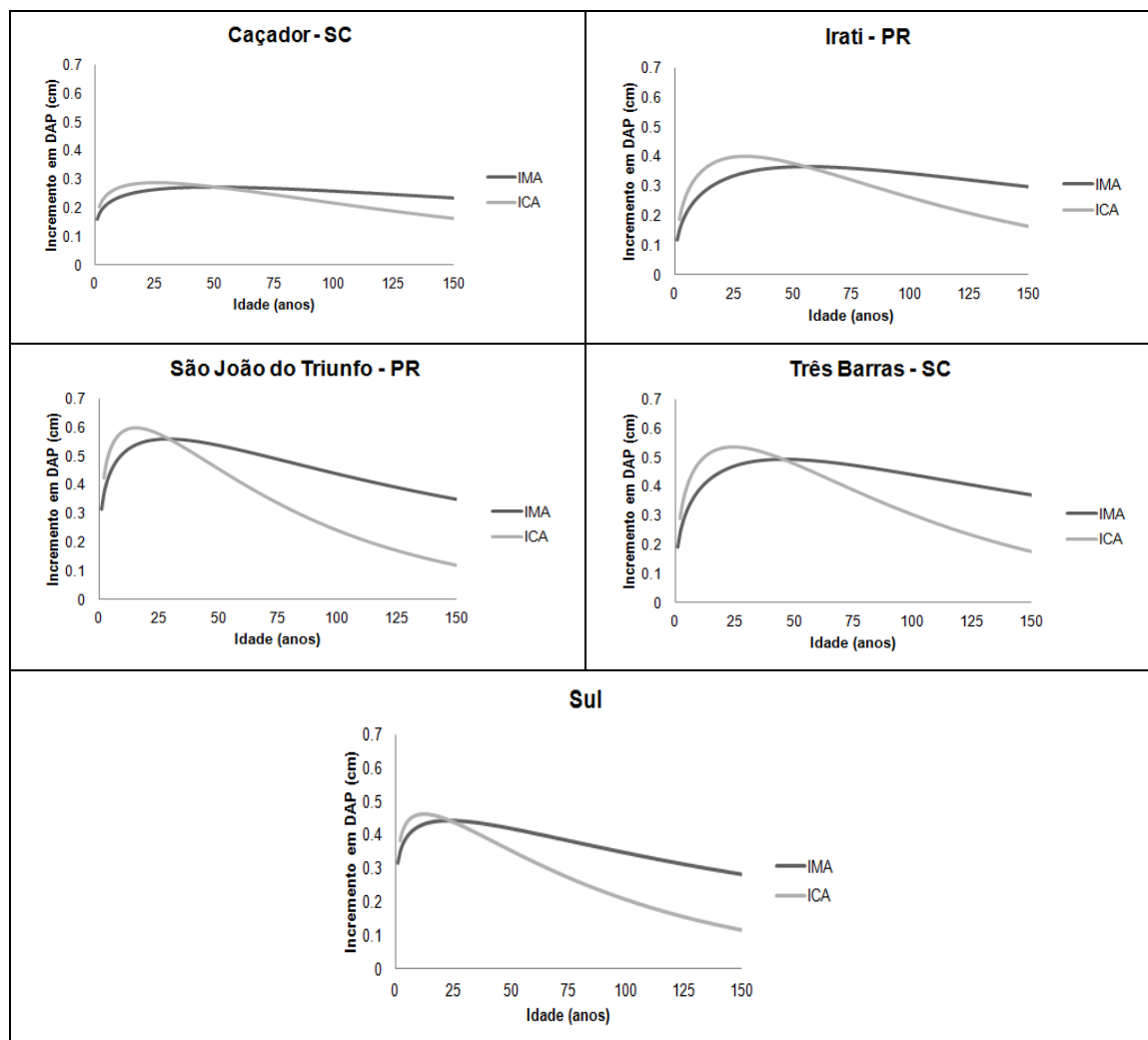


FIGURA34 - CURVAS DE ICA E IMA EM DIÂMETRO AJUSTADAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS *O. porosa* DOS DIFERENTES LOCAIS ESTIMADAS PELO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.

## 5.8. MODELAGEM DO INCREMENTO EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO INICIAL

Os resultados da modelagem do incremento corrente anual em diâmetro em função do diâmetro inicial para as três espécies estudadas nos diferentes locais onde os dados foram amostrados estão dispostos nos subitens a seguir.

Em alguns ajustes deste tópico, a estatística  $R^2$  ajustado apresenta valores negativos; isto ocorre pelo fato de o  $R^2$ , sem ser ajustado, ser muito baixo e quando feitos os cálculos do  $R^2$  ajustado, obtém-se valores negativos. Para Gujarati (2000), isto pode ocorrer quando o  $R^2$  é muito próximo de zero sendo que o autor sugere que

os valores de  $R^2$  ajustados negativos sejam substituídos por zero. Portanto, nas TABELAS 30, 31 e 32 valores de  $R^2$  ajustado iguais a zero, representam a adoção da sugestão de Gujarati (2000).

#### 5.8.1. *Araucaria angustifolia*

Na TABELA 30, podem ser visualizadas as estatísticas e coeficientes dos modelos ajustados para a araucária nos diferentes locais amostrados do sul do Brasil.

Assim como foi constatado em outros trabalhos sobre o tema, a modelagem do incremento em função do diâmetro inicial, não gera ajustes muito precisos como em muitos outros tipos de modelagens utilizadas na ciência florestal, como por exemplo as relações volumétricas, ou mesmo a modelagem do crescimento e produção em função da idade.

Embora as equações geradas nessa tipologia de ajuste sejam de muita utilidade para a projeção do crescimento, principalmente para a elaboração de planos de manejo, onde o conhecimento do incremento das árvores é essencial para definição de ciclos de corte, a utilização de equações nessas modelagens é rejeitada pelas baixas estatísticas. Como são poucas as experiências sobre o tema e como muitas relações na área florestal apresentam estatísticas muito precisas, estas modelagens que apresentam baixos desempenhos têm sido evitadas mesmo que o comportamento real destes ajustes gerem estatísticas desta magnitude.

Ocorre uma grande variação dos incrementos das árvores (variação biológica), ou seja, árvores que apresentam por exemplo, 50 cm de diâmetro, podem apresentar um crescimento diferenciado entre elas devido a vários fatores que estão interferindo na dinâmica de cada indivíduo. O crescimento diferenciado de árvores que possuem as mesmas dimensões é refletido no baixo desempenho dos ajustes. Talvez uma alternativa para melhorar a modelagem do incremento fosse a estratificação dos dados por espécie, ou a inclusão de outras variáveis no modelo



que possam informar características do povoamento, como competição etc. Muitas pesquisas, na tentativa de apresentar estatísticas mais aceitáveis para este tipo

TABELA 30 - ESTATÍSTICAS E COEFICIENTES DOS MODELOS AJUSTADOS PARA ESTIMAR O ICA PARA *A. angustifolia* NOS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS.

Local	Modelo	Syx%	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajus	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
Caçador - SC	1	74,4	0,0016	0,0012	0,3193	-0,0010	5,8E-06
	2	74,1	0,0094	0,0089	21,665	-0,2412	-0,2426
	3	74,3	0,0052	0,0048	14,556	-0,1269	-0,1287
	4	<b>73,8</b>	<b>0,0170</b>	<b>0,0166</b>	10,813	-0,4530	0,0077
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	74,1	0,0116	0,0114	-12,857	13,607	-----
	7	74,4	0,0012	0,0010	0,3011	-0,0003	-----
	8	74,4	0,0008	0,0006	0,2925	-1,8E-06	-----
	9	74,4	0,0012	0,0010	-11,979	-0,0010	-----
Chapecó - SC	1	<b>71,2</b>	<b>0,1086</b>	<b>0,1077</b>	0,2865	0,0030	0,0001
	2	72,1	0,0875	0,0866	0,4785	-0,2429	0,3598
	3	72,1	0,0841	0,0833	11,351	0,3707	0,3680
	4	71,2	0,1085	0,1077	0,3066	-0,0734	0,0245
	5	73,1	0,0596	0,0591	0,0526	0,0102	-----
	6	75,4	0,0001	0,00009	-0,8868	0,0015	-----
	7	71,3	0,1042	0,1038	0,2335	0,0093	-----
	8	71,2	0,1076	0,1072	0,3152	0,0002	-----
	9	71,2	0,1076	0,1071	-13,195	0,0211	-----
Iratí - PR	1	<b>71,3</b>	<b>0,0189</b>	<b>0,0181</b>	0,7011	-0,0077	0,0001
	2	71,4	0,0163	0,0156	0,6779	0,0390	-0,1318
	3	71,3	0,0170	0,0162	17,882	-0,0145	0,0481
	4	71,4	0,0165	0,0157	0,8460	-0,1439	0,0001
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	71,9	0,0006	0,0002	-0,6831	0,0974	-----
	7	71,5	0,0110	0,0106	0,5884	-0,0019	-----
	8	71,7	0,0060	0,0056	0,5384	-1,4E-05	-----
	9	71,5	0,0121	0,0117	-0,5058	-0,0042	-----
São Francisco de Paula - RS	1	<b>68,6</b>	<b>0,0045</b>	<b>0,0037</b>	0,3730	0,0022	-3,59E-05
	2	68,6	0,0024	0,0016	0,0656	0,3428	4,80E-02
	3	68,7	0,0006	0,0004	13,725	0,1600	2,00E-01
	4	68,6	0,0018	0,0009	0,3628	0,0565	-3,36E-03
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	68,6	0,0032	0,0027	-0,9424	0,1154	-----
	7	68,6	0,0013	0,0008	0,4079	-0,0005	-----
	8	68,6	0,0026	0,0022	0,4041	-9,5E-06	-----
	9	68,7	0,0012	0,0008	-0,8971	-0,0013	-----
São João do Triunfo - PR	1	<b>59,1</b>	<b>0,1161</b>	<b>0,1132</b>	0,3631	-0,006	0,0001
	2	60,1	0,0828	0,0799	0,5810	-0,377	0,3168
	3	61,1	0,0559	0,0529	0,8135	0,039	-0,1315
	4	59,2	0,1092	0,1063	10,163	-0,619	0,0262
	5	61,1	0,0516	0,0500	0,0214	0,004	-----
	6	61,4	0,0417	0,0402	-0,8322	-11,58	-----
	7	60,1	0,0838	0,0823	0,1702	0,004	-----
	8	59,4	0,1038	0,1009	0,2359	0,000	-----
	9	59,6	0,0957	0,0943	-16,534	0,012	-----
Três Barras - SC	1	<b>72,3</b>	<b>0,1690</b>	<b>0,1680</b>	0,93650	-0,02807	0,00029
	2	72,8	0,1584	0,1574	2,3E-07	304,300	-0,07120
	3	72,8	0,1591	0,1581	195,170	0,08667	0,23703
	4	72,6	0,1632	0,1622	0,89314	0,01924	-0,03185
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	79,2	0,0019	0,0013	-0,7704	0,07127	-----
	7	73,6	0,1390	0,1385	0,74603	-0,01148	-----
	8	75,6	0,0912	0,0907	0,58008	-0,00015	-----
	9	72,5	0,1631	0,1626	-0,0860	-0,03047	-----
Sul	1	77,8	0,0162	0,0161	0,45571	-0,00220	0,00001
	2	<b>77,8</b>	<b>0,0168</b>	<b>0,0167</b>	0,14595	0,24691	-0,05655
	3	77,8	0,0155	0,0154	154,138	-0,20265	-0,27782
	4	77,8	0,0166	0,0165	0,49411	-0,04066	-0,00305
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	78,4	0,0001	3,7E-06	-0,95796	0,00278	-----
	7	77,8	0,0160	0,0159	0,44384	-0,00155	-----

8	77,9	0,0134	0,0133	0,41196	-0,00001	-----
9	77,8	0,0162	0,0161	-0,79642	-0,00429	-----

de modelagem, utilizando base de dados, incrementos médios por classe de diâmetro, o que gera ajustes com valores de  $R^2$  altos e erros padrão baixos, porém sem expressar, o comportamento real dos dados. Na modelagem aqui realizada com modelos tradicionais encontrados na literatura, foi possível observar que os ajustes de São João do Triunfo - PR foram os com melhores desempenhos, com  $R^2$  ajustado variando de 0,04 a 0,20 e erro padrão variando de 55,9 a 61,4%. As piores estatísticas foram verificadas com dados de Caçador – SC em que o  $R^2$  ajustado variou de 0,0010 a 0,034 e erro padrão variando de 73,1 a 74,4%.

Apesar de as estatísticas serem bastante insatisfatórias, este mesmo comportamento na modelagem de incremento foi verificado por outros pesquisadores de diversas partes do mundo como por exemplo: Chai e Lemay (1993), na modelagem do crescimento das florestas de Sarawak, Malásia, utilizando as variáveis independentes DAP,  $DAP^2$ , índice de competição, idade desde a exploração, área basal, número de árvores, DAP quadrático e posição da copa. Para o modelo testado com nove coeficientes, o  $R^2_{aj}$  variou de 0,08 a 0,48, sendo que a modelagem por espécie causou uma redução de 11,2% no erro padrão da estimativa quando comparado com o grupo de espécies. PALAHÍ et al. (2003) usaram um modelo de incremento diamétrico para a modelagem de crescimento de árvores de *Pinus sylvestris* na Espanha usando o DAP, índice de competição, índice de sítio área basal e idade do povoamento. O  $R^2$  obtido foi de 0,24 com erro padrão da estimativa de 64,1%. Para dados de incremento com intervalo de medição de cinco anos de árvores de *Pinus nigra* no norte da Espanha, Palahí e Grau (2003) empregaram o DAP, índice de competição e idade do povoamento, obtendo  $R^2$  de 0,14 e erro padrão da estimativa de 67,7%. Phillipset al. (2004) aplicaram um modelo de incremento individual na floresta amazônica brasileira tendo como variáveis independentes o DAP e um índice de competição, que resultou em um  $R^2$  variando entre 0,033 e 0,186. Namaalwaet al. (2005) modelaram o crescimento em florestas áridas de Uganda, com um modelo tendo como variáveis independentes o DAP, a área basal e a porcentagem da área basal pertencente a cada estrato da floresta. Para este modelo o  $R^2$  variou de 0,03 a 0,08. Lianget al. (2005) usaram um modelo de incremento diamétrico com o DAP, área basal e índice de sítio como variáveis

independentes para florestas mistas de coníferas na Califórnia, obtendo um  $R^2$  de 0,25 para coníferas e 0,04 para folhosas. Stepka (2008) modelou o incremento em diâmetro em função do diâmetro inicial para a araucária e a para demais espécies, com dados vindos de parcelas permanentes instaladas na Flona de Irati – PR encontrando coeficiente de determinação ajustado variando de 0,0404 a 0,1194 e erro padrão variando de 65,2 e 68,1 % para a araucária e para as demais espécies o  $R^2$  ajustado variou de 0,036 a 0,046 e o erro padrão variou de 58,7 a 93,2%.

#### 5.8.2. *Cedrela fissilis*

As estatísticas e coeficientes dos modelos ajustados para o ICA do cedro nos diferentes locais amostrados do sul do Brasil, podem ser visualizadas na TABELA 31.

Em relação a araucária, o desempenho da modelagem do cedro foi menos expressiva no que diz respeito coeficiente de determinação ajustado, com valores muito baixos, fazendo com que o  $R^2$  ajustado seja igual a zero. Este baixo valor pode estar atrelado, provavelmente, à maior variação dos incrementos dos indivíduos de menores dimensões.

Em relação ao erro padrão da estimativa em alguns locais como Caçador, Irati e São Francisco de Paula essa estatística apresentou valores inferiores ao obtidos no ajuste da araucária. Em contrapartida em Chapecó, São João do Triunfo e Três Barras aconteceu o contrario.

As melhores estatísticas para os ajustes do ICA do cedro foram observados em São Francisco de Paula em que o modelo 6 obteve  $R^2$  ajustado de 0,0186 e erro padrão de 61,3%. Já as piores estatísticas encontradas foram observadas em Três Barras em que o modelo 3 chegou a um  $R^2$  ajustado de 0,0367 e erro padrão de 76,5%.

TABELA31 -ESTATÍSTICAS E COEFICIENTES DOS MODELOS AJUSTADOS PARA O ICA DE C. *fissilis* NOS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS.

Local	Modelo	Syx%	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajus	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
Caçador – SC	1	<b>68,5</b>	<b>0,0016</b>	<b>0,0008</b>	0,45746	-0,00246	0,00004
	2	68,5	0,00003	0	0,46293	-0,01777	0,00240
	3	68,5	0,0008	0	140,901	-0,10305	-0,16856
	4	68,5	0,0001	0	0,41657	0,01398	-0,00056
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	7	68,5	0,000002	0	0,42748	0,00003	-----
	8	68,5	0,0002	0	0,42439	0,00000	-----
	9	68,5	0,000003	0	-0,84991	0,00007	-----
Chapecó - SC	1	<b>73,1</b>	<b>0,0239</b>	<b>0,0230</b>	0,2617	0,0072	-0,0001
	2	73,3	0,01992	0,0190	26,289	-0,4583	0,0851
	3	73,3	0,0190	0,0180	12,390	0,1453	0,1452
	4	73,3	0,0205	0,0195	0,2766	0,0534	0,0056
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	73,8	0,0047	0,0042	-0,9733	-0,6029	-----
	7	73,2	0,021089	0,0206	0,2951	0,0033	-----
	8	73,5	0,0152	0,0147	0,3295	0,0001	-----
	9	73,3	0,020007	0,0195	-11,918	0,0083	-----
Iratí - PR	1	65,1	0,0044	0,0035	0,41749	-0,00206	0,00002
	2	<b>65,1</b>	<b>0,00473</b>	<b>0,0039</b>	0,24734	0,11714	-0,04674
	3	65,1	0,0046	0,0038	145,353	-0,02438	-0,00929
	4	65,1	0,0047	0,0039	0,44440	-0,04500	-0,00105
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	65,2	0,0014	0,0010	-0,98286	0,07670	-----
	7	65,1	0,0042	0,0038	0,40810	-0,00120	-----
	8	65,1	0,0036	0,0032	0,39299	-0,00002	-----
	9	65,1	0,0043	0,0038	-0,89272	-0,00323	-----
São Francisco de Paula - RS	1	61,6	0,01219	0,00977	0,4250	0,0109	-0,0002
	2	61,3	0,01942	0,01703	0,0008	12,206	0,2061
	3	61,3	0,02021	0,01782	13,293	0,4374	0,4926
	4	61,3	0,02005	0,01765	0,3386	0,2507	-0,0128
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	<b>61,3</b>	<b>0,01983</b>	<b>0,01863</b>	-0,5661	-0,7589	-----
	7	61,7	0,00552	0,00430	0,4842	0,0024	-----
	8	61,8	0,00212	0,00090	0,5101	3,6E-05	-----
	9	61,7	0,00519	0,00397	-0,7176	0,0043	-----
São João do Triunfo - PR	1	<b>75,1</b>	<b>0,0250</b>	<b>0,0237</b>	0,4986	-0,0127	0,0003
	2	75,9	0,0052	0,0039	713,530	-10,125	-0,0960
	3	76,1	0,0002	0	14,120	-0,0033	0,0005
	4	76,1	0,0033	0,0020	0,4406	-0,0864	0,0069
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	76,1	0,0007	0,00001	-0,9191	-0,0161	-----
	7	76,1	0,0003	0	0,3897	0,0004	-----
	8	75,9	0,0039	0,0032	0,3815	0,0000	-----
	9	76,1	0,0003	0	-0,9456	0,0013	-----
Três Barras - SC	1	76,6	0,0340	0,0330	0,3920	-0,0061	0,0001
	2	76,5	0,0373	0,0363	0,0347	0,5116	-0,1236
	3	<b>76,5</b>	<b>0,0377</b>	<b>0,0367</b>	14,420	0,0354	0,0915
	4	76,5	0,0374	0,0363	0,4468	-0,1108	-0,0051
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	77,7	0,0063	0,0058	-12,127	0,1378	-----
	7	76,7	0,0310	0,0305	0,3639	-0,0032	-----
	8	77,1	0,0222	0,0217	0,3271	0,0000	-----
	9	76,6	0,0330	0,0325	-0,9704	-0,0122	-----
Sul	1	<b>72,3</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0001</b>	0,3949	-0,0010	1,77E-05
	2	72,3	0,0001	0	0,6494	-0,0992	-0,0143
	3	72,3	0,00001	0	13,881	0,0094	0,0138
	4	72,3	0,0001	0	0,3940	-0,0132	0,0007
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	72,3	0,0001	0,000004	-0,9520	-0,0083	-----
	7	72,3	0,000001	0	0,3852	1,85E-05	-----
	8	72,3	0,000030	0	0,3843	1,92E-06	-----
	9	72,3	0,000001	0	-0,9540	4,9E-05	-----

### 5.8.3. *Ocotea porosa*

Em relação aos ajustes realizados para o incremento corrente anual da imbuia em função do diâmetro inicial, as estatísticas e os coeficientes dos modelos ajustados para os diferentes locais amostrados do sul do Brasil, onde a espécie ocorre naturalmente, podem ser visualizados na TABELA 32.

TABELA 32 - ESTATÍSTICAS E COEFICIENTES DOS MODELOS AJUSTADOS PARA O ICA DE *O. porosa* NOS DIFERENTES LOCAIS ESTUDADOS.

Local	Modelo	Syx%	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajust	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
Caçador – SC	1	<b>61,7</b>	<b>0,0693</b>	<b>0,0689</b>	0,2544	-0,0046	1,2E-04
	2	61,9	0,0617	0,0614	11798,3	-21,323	-0,1832
	3	63,2	0,0216	0,0212	11,413	0,1633	0,1632
	4	62,1	0,0570	0,0567	0,2761	-0,2204	0,0197
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	63,8	0,0030	0,0028	-14,108	-0,5812	-----
	7	62,6	0,0396	0,0394	0,1781	0,0022	-----
	8	62,1	0,0568	0,0566	0,1980	4,5E-05	-----
	9	62,4	0,0453	0,0452	-17,260	0,0105	-----
Irati – PR	1	<b>62,4</b>	<b>0,0632</b>	<b>0,0626</b>	0,24711	0,00523	-0,00002
	2	62,5	0,05905	0,0584	150,900	-0,39284	0,14657
	3	62,6	0,0564	0,0558	117,167	0,23657	0,23611
	4	62,5	0,0605	0,0598	0,24487	0,06977	0,00632
	5	63,8	0,0185	0,0182	0,04404	0,00893	-----
	6	63,6	0,0241	0,0238	-0,82225	-335,314	-----
	7	62,4	0,0619	0,0616	0,26897	0,00351	-----
	8	62,7	0,0522	0,0519	0,32042	0,00004	-----
	9	62,5	0,0597	0,0594	-125,308	0,00864	-----
São João do Triunfo – PR	1	68,7	0,0238	0,0231	0,4758	-0,0013	-1,0E-05
	2	68,6	0,0253	0,0247	0,0926	0,3620	-0,0666
	3	68,7	0,0236	0,0230	15,903	-0,2518	-0,3902
	4	<b>68,7</b>	<b>0,0242</b>	<b>0,0236</b>	0,5714	-0,0639	-0,0033
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	69,5	0,0016	0,0013	-0,8932	0,0960	-----
	7	68,7	0,0234	0,0231	0,4903	-0,0022	-----
	8	68,7	0,0231	0,0228	0,4520	-2,5E-05	-----
	9	68,7	0,0230	0,0227	-0,6978	-0,0055	-----
Três Barras - SC	1	65,4	0,0053	0,0042	0,3948	0,0014	1,9E-06
	2	65,3	0,0082	0,0071	250,057	-0,8035	-0,0651
	3	65,6	0,0005	0	14,022	0,0171	0,0171
	4	<b>65,3</b>	<b>0,0097</b>	<b>0,0085</b>	0,4502	-0,0809	0,0078
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	65,6	0,0001	0	-0,8693	0,0095	-----
	7	65,4	0,0053	0,0047	0,3939	0,0015	-----
	8	65,4	0,0049	0,0043	0,4079	2,6E-05	-----
	9	65,4	0,0053	0,0047	-0,9284	0,0035	-----
Sul	1	72,2	0,0064	0,0062	0,3032	0,0012	-4,30E-08
	2	72,2	0,0065	0,0064	467,788	-0,51739	-0,05059
	3	72,3	0,0021	0,0019	128,953	0,046741	0,046682
	4	<b>72,1</b>	<b>0,0089</b>	<b>0,0088</b>	0,37291	-0,09628	0,006813
	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6	72,4	0,0001	0,000045	-109,529	0,023268	-----
	7	72,2	0,0064	0,00632	0,3032	1,15E-03	-----
	8	72,2	0,0057	0,00567	0,31957	1,46E-05	-----
	9	72,2	0,0064	0,00629	-118,706	0,003313	-----

O desempenho da modelagem do incremento da imbuia, seguiu a mesma tendência observada anteriormente na araucária e no cedro. Em todos os locais, o

erro padrão da estimativa ficou próximo aos 60%, sendo que em alguns locais como Caçador e Irati os melhores desempenhos foram próximos de 61,6 e 62,4% respectivamente. Para São João do Triunfo e Três Barras os valores desta estatística ficaram em 68,7 e 65,1% respectivamente.

Em relação ao coeficiente de determinação ajustado, em todos os locais os valores ficaram menores que 0,10, sendo o melhor resultado obtido pelo modelo 1 em Caçador com um  $R^2$  ajustado de 0,0693.

## 5.9. DATAÇÕES CRUZADAS E ELABORAÇÃO DE CRONOLOGIAS

Nos subitens deste tópico são apresentadas as correlações dos segmentos de cada série com os segmentos da série máster. Este processo foi realizado pelo *software* COFECHA, onde se ajustou uma função (spline cúbica) que realiza a remoção das tendências de crescimento da árvore, dividindo-se o valor de cada série pelo valor correspondente da curva spline. Este procedimento é considerado conservador em dendrocronologia, tendo como objetivo manter o máximo possível os sinais de baixa frequência, como por exemplo, os sinais climáticos (Chagas, 2009). Este mesmo *software*, por meio da comparação entre as séries a cada 50% de longitude da série, apresenta um valor de correlação entre cada série de largura dos anéis com a série máster. A correlação obtida em cada segmento e do total é comparada com um valor crítico e se a correlação da série em questão for menor que esse valor crítico, a série não é significativa e deve ser retirada da análise pois estaria causando ruído na série máster a ser gerada.

Em seguida, após o controle de qualidade das séries de anéis de crescimento, executadas pelo COFECHA, que permitiu a maximização do sinal comum entre as séries, gerou-se uma cronologia padronizada para cada espécie de cada local, pela execução do *software* ARSTAN. Este procedimento utilizado no controle de qualidade das séries, com a exclusão das séries não significativas, e também na construção da cronologia padronizada, foi empregado por vários autores que trabalharam com espécies tropicais e subtropicais, dentre os quais: López et al. (2006), Chagas (2009), Alvarado (2009) e López e Villalba (2011).

### 5.9.1. *Araucaria angustifolia*

As correlações de Pearson dos segmentos das séries geradas para a araucária de Caçador estão na TABELA 33, onde também estão as correlações de cada série com o máster. Constata-se que a correlação média de todos os segmentos das séries e as correlações de todas as séries com o máster apresentam correlações significativas.

TABELA33 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *A. angustifolia* AMOSTRADA EM CAÇADOR.

Séries Nº	Amplitude	Correlação dos Segmentos									Correlação da série com a Máster	
		1775	1800	1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975		
		1824	1849	1874	1899	1924	1949	1974	1999	2009		
P01-04	1844	2009			0,38	0,42	0,35	0,41	0,41	0,34	0,42	0,367
P01-05	1831	2009			0,36	0,52	0,62	0,46	0,37	0,44	0,37	0,392
P01-06	1783	2009	0,43	0,37	0,39	0,37	0,27	0,36	0,45	0,48	0,57	0,408
P01-09	1866	2009				0,60	0,70	0,68	0,67	0,70	0,77	0,651
P01-12	1850	2009				0,47	0,54	0,55	0,43	0,49	0,51	0,417
P01-37	1780	2009	0,47	0,46	0,41	0,46	0,33	0,49	0,43	0,34	0,34	0,397
P02-02	1811	2009		0,33	0,46	0,41	0,46	0,49	0,36	0,43	0,47	0,395
P02-14	1821	2009		0,50	0,47	0,39	0,41	0,50	0,38	0,52	0,54	0,479
P02-17	1885	2009					0,29	0,31	0,41	0,54	0,62	0,425
P02-25	1890	2009					0,37	0,36	0,37	0,50	0,52	0,361
P02-33	1856	2009				0,59	0,53	0,54	0,40	0,24	0,32	0,456
P03-26	1885	2009					0,41	0,39	0,49	0,28	0,30	0,364
P03-38	1949	2009							0,30	0,32	0,30	0,358
P03-40	1943	2009							0,37	0,36	0,47	0,398
P03-59	1792	2009	0,63	0,67	0,45	0,42	0,45	0,41	0,36	0,45	0,58	0,464
P03-66	1874	2009				0,31	0,29	0,33	0,38	0,37	0,39	0,339
P04-07	1872	2009				0,33	0,36	0,39	0,44	0,44	0,45	0,403
P04-08	1902	2009						0,33	0,46	0,41	0,36	0,335
P04-21	1817	2009		0,45	0,63	0,65	0,58	0,45	0,33	0,34	0,36	0,470
P04-32	1878	2008					0,40	0,40	0,35	0,49	0,49	0,431
P04-38	1856	2009				0,41	0,42	0,40	0,36	0,62	0,59	0,450
P04-41	1840	2009			0,39	0,35	0,41	0,44	0,41	0,45	0,51	0,401
P04-43	1815	2009		0,55	0,44	0,51	0,38	0,33	0,46	0,50	0,50	0,487
P06-01	1824	2009		0,42	0,42	0,41	0,42	0,46	0,39	0,34	0,40	0,426
P06-15	1837	2009			0,38	0,45	0,43	0,43	0,40	0,43	0,53	0,381
P06-44	1859	2009				0,53	0,42	0,38	0,44	0,36	0,41	0,459
P06-48	1874	2009				0,37	0,37	0,41	0,35	0,48	0,50	0,455
P06-50	1881	2009					0,43	0,62	0,54	0,41	0,36	0,419
P06-51	1865	2009				0,38	0,45	0,38	0,41	0,53	0,45	0,353
P06-61	1861	2009				0,44	0,35	0,39	0,37	0,44	0,44	0,424
	Média		0,51	0,47	0,43	0,45	0,42	0,43	0,41	0,43	0,46	0,423

Alvarado (2009) utilizou segmentos de 30 anos comparados a cada 15 e obteve inter-correlações médias significativas, variando de 0,63 a 0,76. Chagas (2009), utilizando segmentos de menores dimensões para as cinco espécies estudadas na sua pesquisa, obteve inter-correlações médias variando de 0,389 a 0,754. Os valores das correlações encontradas na presente pesquisa para Caçador (TABELA 33) são menores que as médias citadas por Chagas (2009) e Alvarado (2009), porém a longitude dos segmentos utilizados por estes autores é menor, forçando para que a correlação crítica destes segmentos seja maior e os valores das correlações médias sejam maiores. Por outro lado, Lopez e Villalba (2011), utilizando segmentos de 50 anos comparados a cada 25 (assim como neste trabalho), obtiveram correlações médias para os dois locais de estudo de 0,41 e 0,61. Estes valores se assemelham aos encontrados na presente pesquisa, analisando o valor médio das correlações, a longitude (distância dos segmentos) dos segmentos analisados e a dimensão das séries (1829-2005), diferentemente dos valores encontrados por Chagas (2009) e Alvarado (2009) em séries mais curtas.

As séries coletadas para a araucária de Caçador foram todas significativas, não tendo sido necessário, portanto, a exclusão de nenhuma série individual. A máster gerada pelo COFECHA pode ser visualizada na Figura 35 onde estão os índices de crescimento de cada ano que apresenta mais de duas repetições.

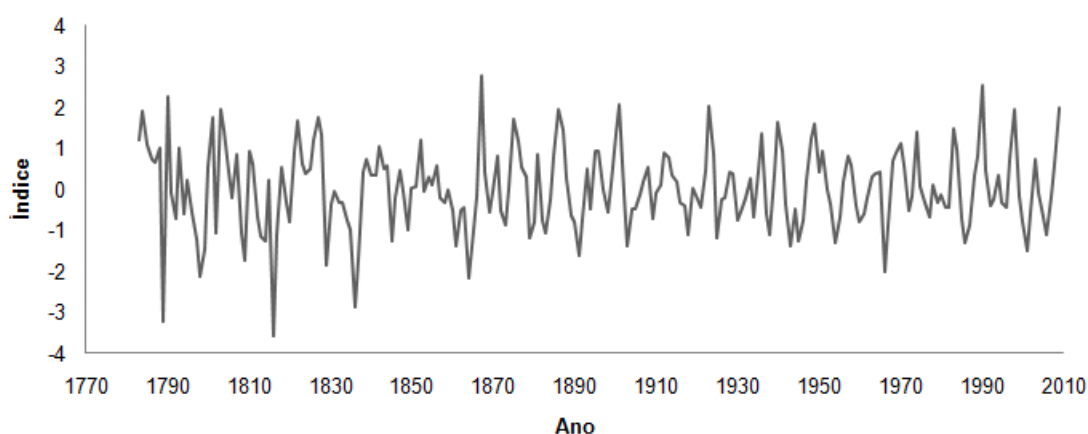


FIGURA35 -SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM CAÇADOR ELABORADA COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA

Além da máster gerada pelo COFECHA (FIGURA 35), pode-se observar na FIGURA 36 a cronologia gerada pelo ARSTAN para a araucária de Caçador.



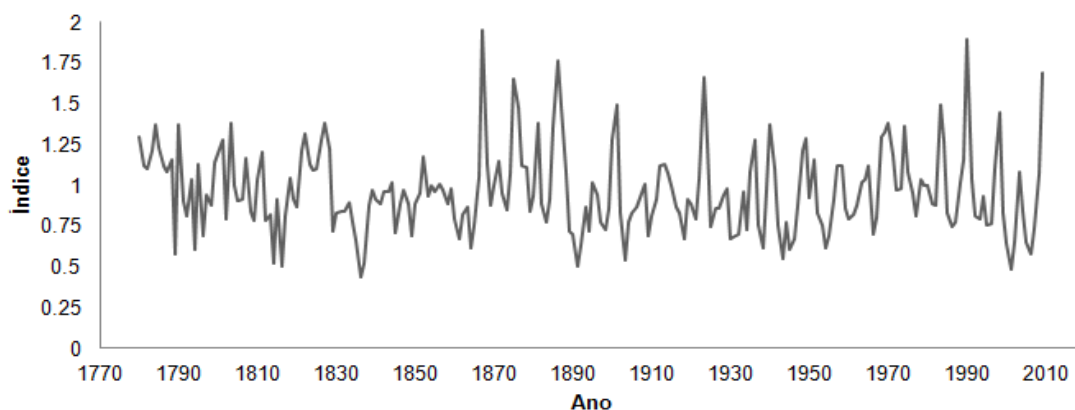


FIGURA 36 - SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM CAÇADOR CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN

Nestas cronologias podem ser observados os índices de crescimento para cada ano, podendo-se destacar os picos de crescimento alto ou baixo. Na cronologia COFECHA, um índice igual a 3 em um ano e -2 em outro ano, indica uma grande amplitude de crescimento, respectivamente, alto e baixo. No caso do ARSTAN, também se percebe esta amplitude do crescimento, no entanto, os índices resultantes sempre são maiores que zero.

Nestas duas cronologias resultantes da análise de todas as araucárias amostradas em Caçador, podem-se encontrar valores de crescimento dos anos de 1783 até 2009, podendo-se observar alguns anos muito característicos de alto e baixo crescimento como por exemplo: 1789, 1798, 1816, 1836, 1864, 1966 característicos como de baixo crescimento e os anos de 1790, 1867, 1901, 1923, 1990 característicos de crescimento alto. Tanto os anos de alto como de baixo crescimento apresentam valores diferenciados dos demais anos, causando alguns picos para mais ou para menos nas cronologias geradas (Figuras 35 e 36). Estes picos facilmente visualizados nas cronologias, foram ocasionados pelo fato de ocorrerem incrementos bastante diferenciados daqueles dos anos anteriores e posteriores da cronologia, podendo ser considerados com indicadores de crescimento baixo e alto, respectivamente.

De maneira geral, as cronologias resultantes dos software COFECHA e ARSTAN são bastante semelhantes, sendo a principal diferença entre elas o fato de a cronologia gerada pelo ARSTAN apresentar somente índices positivos, enquanto que a obtida pelo COFECHA apresenta os valores equalizados tendo o “zero” no

centro. Na cronologia gerada pelo COFECHA pode-se observar com maior clareza os picos de crescimento baixo em relação à cronologia gerada pelo ARSTAN.

Na TABELA 34, observa-se a correlação dos segmentos e da série máster geradas pelo COFECHA para a araucária de Chapecó.

TABELA34 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *A. angustifolia* AMOSTRADA EM CHAPECÓ.

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos				Correlação da série com a Máster
			1905 1949	1925 1974	1950 1999	1975 2009	
07	1974	2009				0,46	0,452
225	1957	2009			0,43	0,41	0,424
1433	1959	2009			0,35	0,33	0,356
<b>1470</b>	<b>1921</b>	<b>2009</b>	<b>0,28</b>	<b>0,23</b>	<b>0,29</b>	<b>0,35</b>	<b>0,311</b>
3620	1951	2009			0,41	0,36	0,529
4218	1958	2009			0,54	0,54	0,374
4239	1945	2009		0,39	0,38	0,44	0,412
4573	1951	2009			0,40	0,31	0,352
4591	1952	2009			0,33	0,33	0,358
4592	1987	2009				0,62	0,616
<b>5113</b>	<b>1977</b>	<b>2009</b>				<b>0,41</b>	<b>0,316</b>
5898	1945	2009		0,51	0,50	0,32	0,380
<b>5906</b>	<b>1951</b>	<b>2009</b>			<b>0,38</b>	<b>0,30</b>	<b>0,321</b>
5916	1947	2009		0,46	0,42	0,39	0,362
6332	1934	2009		0,31	0,39	0,45	0,400
6351	1958	2009			0,39	0,39	0,386
6360	1905	2009	0,50	0,38	0,26	0,34	0,409
<b>6390</b>	<b>1935</b>	<b>2009</b>		<b>0,24</b>	<b>0,26</b>	<b>0,27</b>	<b>0,325</b>
6397	1911	2009	0,40	0,39	0,56	0,40	0,351
6798	1935	2009		0,47	0,35	0,39	0,394
7117	1957	2009			0,35	0,34	0,347
9281	1923	2009	0,41	0,42	0,36	0,40	0,379
9449	1960	2009				0,45	0,337
9721	1914	2009	0,47	0,53	0,49	0,33	0,362
9741	1925	2009		0,59	0,74	0,75	0,686
10062	1924	2009	0,29	0,30	0,41	0,54	0,413
10129	1921	2009	0,51	0,50	0,47	0,37	0,438
10795	1931	2009		0,50	0,40	0,35	0,450
11592	1920	2009	0,42	0,39	0,30	0,37	0,386
11604	1917	2009	0,46	0,40	0,51	0,43	0,468
	Média		0,41	0,41	0,41	0,40	0,402

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

A correlação média de todas as séries de araucária de Chapecó foi de 0,402, com a média de todos os segmentos significativos variando de 0,40 a 0,41. Diferentemente do que ocorreu com a araucária de Caçador, em Chapecó ocorreram quatro séries (em negrito na TABELA 55) que não foram significativas na

análise feita pelo COFECHA, sendo necessária à exclusão destas séries pois pouco estariam contribuindo para a construção da série máster. Com a exclusão das séries não significativas, a correlação média das séries com a série máster passou de 0,402 para 0,414.

López et al. (2006) descartaram algumas séries nos seus estudos devido à baixa correlação com as restantes. Este procedimento também foi adotado nesta pesquisa, ou seja, as séries que apresentaram coeficientes de correlação não significativos foram descartadas das análises.

Estas séries não significativas encontradas na TABELA 34, assim como as que serão apresentadas nas TABELAS 35, 36, 37, 38 são na sua maioria correspondentes a, indivíduos de pequenas dimensões e que se encontram suprimidos na floresta, que por sua vez não conseguiram capturar todas as condições favoráveis ao crescimento como disponibilidade de luz, etc. e que não refletem o potencial do crescimento do local, sendo assim desejável o seu descarte destas análises.

Nas FIGURAS 37 e 38 pode-se observar, respectivamente, as cronologias másters obtidas nos softwares COFECHA e ARSTAN, onde é possível visualizar os índices de crescimento da araucária de Chapecó para cada ano com mais de duas repetições.

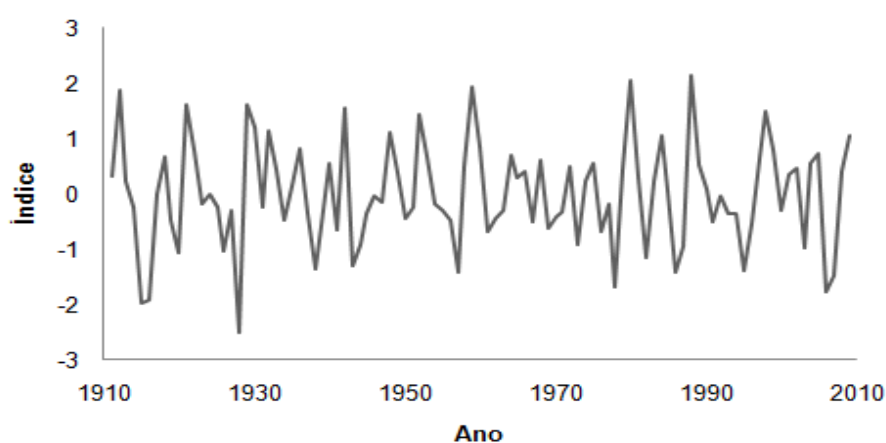


FIGURA37 -SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM CHAPECÓ ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA

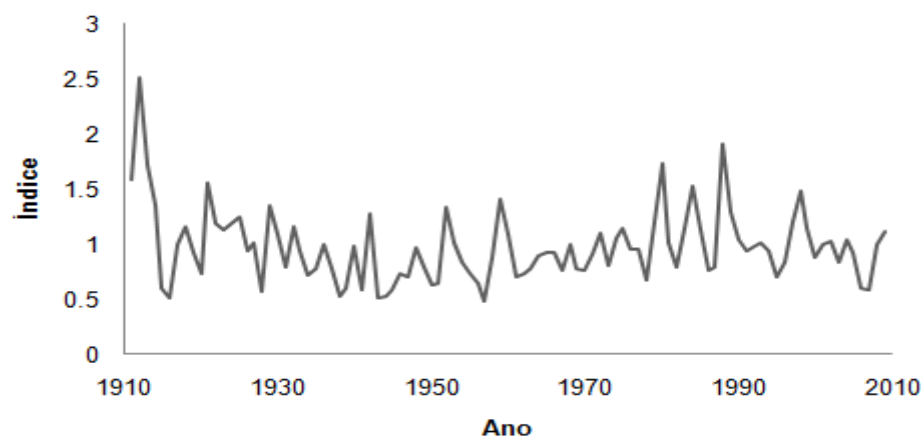


FIGURA38 -SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM CHAPECÓ CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Alguns picos de crescimento, tanto positivos como negativos, são facilmente detectáveis nas FIGURAS 37 e 38. Os anos característicos de alto crescimento nos 100 anos da cronologia são: 1912, 1921, 1929, 1930, 1932, 1942, 1948, 1952, 1959, 1980, 1984, 1988, 1998 e 2009. Já anos característicos de baixo crescimento são: 1915, 1916, 1920, 1926, 1928, 1938, 1943, 1957, 1978, 1982, 1986, 1995, 2006, 2007.

Nos anos apontados, tanto de baixo como de alto crescimento, verifica-se a ocorrência de no máximo dois anos com picos de alto crescimento e dois anos de picos de baixo crescimento em cada década da cronologia. Observa-se, também, um período entre as décadas de 1960 e 1970 que ocorreram crescimentos menos expressivos se comparados às demais décadas, não sendo encontrado, no período enfatizado, nenhum grande pico de alto crescimento e somente um grande pico de baixo crescimento no ano de 1978.

As correlações dos segmentos das amostras coletadas em Irati, estão dispostas na TABELA 35. Das 30 amostras coletadas para a araucária de Irati, oito delas apresentaram correlações não significativas (**negrito na TABELA 35**), sendo portanto, descartadas das análises. As correlações dos segmentos apresentam valores superiores ao da correlação crítica ao nível de probabilidade estabelecido, em que a média das correlações de todos os segmentos apresenta significância estatística, com correlações médias variando de 0,33 a 0,5. Com a exclusão das séries não significativas a correlação média das séries com a série máster passou de 0,399 para 0,452.

TABELA35 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *A. angustifolia* AMOSTRADA EM IRATI.

Séries Nº	Amplitude	Correlação dos Segmentos								Correlação da série com a Máster	
		1800	1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975		
		1849	1874	1899	1924	1949	1974	1999	2009		
B03-61	1950	2009						0,62	0,50	0,454	
B04-177	1905	2009					0,50	0,44	0,38	0,334	
B05-152	1950	2009							0,50	0,423	
<b>B05-394</b>	<b>1922</b>	<b>2009</b>					<b>0,39</b>	<b>0,37</b>	<b>0,41</b>	<b>0,41</b>	<b>0,295</b>
<b>B11-90</b>	<b>1957</b>	<b>2009</b>							<b>0,50</b>	<b>0,44</b>	<b>0,209</b>
B15-253	1941	2009						0,47	0,53	0,43	0,398
B15-329	1963	2009								0,47	0,361
B15-565	1943	2009						0,45	0,43	0,49	0,509
<b>B16-39</b>	<b>1946</b>	<b>2009</b>						<b>0,61</b>	<b>0,66</b>	<b>0,57</b>	<b>0,124</b>
<b>B16-42</b>	<b>1967</b>	<b>2009</b>								<b>0,50</b>	<b>0,213</b>
B16-314	1953	2009							0,49	0,40	0,405
B16-339	1953	2009							0,39	0,38	0,431
B17-198	1945	2009						0,39	0,36	0,32	0,376
<b>B17-215</b>	<b>1953</b>	<b>2009</b>							<b>0,46</b>	<b>0,46</b>	<b>0,311</b>
B17-264	1958	2009							0,49	0,44	0,476
<b>B17-286</b>	<b>1940</b>	<b>2009</b>						<b>0,43</b>	<b>0,36</b>	<b>0,38</b>	<b>0,251</b>
B17-300	1966	2009								0,39	0,463
B17-510	1954	2009							0,55	0,57	0,351
B17-512	1936	2009						0,81	0,81	0,86	0,799
<b>B17-550</b>	<b>1938</b>	<b>2009</b>						<b>0,53</b>	<b>0,59</b>	<b>0,63</b>	<b>0,245</b>
B17-574	1954	2009							0,58	0,45	0,488
<b>B17-665</b>	<b>1959</b>	<b>2009</b>							<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,275</b>
<b>B17-691</b>	<b>1929</b>	<b>2009</b>						<b>0,44</b>	<b>0,50</b>	<b>0,41</b>	<b>0,227</b>
B18-42	1950	2009							0,63	0,55	0,392
B19-388	1943	2009						0,65	0,71	0,65	0,522
B19-396	1822	2009	0,43	0,31	0,22	0,34	0,37	0,26	0,32	0,32	0,376
B19-746	1967	2009								0,40	0,443
B22-351	1906	2009					0,45	0,47	0,49	0,46	0,482
B23-344	1848	2009		0,46	0,45	0,36	0,51	0,49	0,52	0,50	0,424
B23-457	1799	2009	0,55	0,48	0,31	0,41	0,46	0,45	0,43	0,45	0,567
	Média		0,49	0,42	0,33	0,37	0,45	0,49	0,50	0,48	0,399

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

Das 30 amostras coletadas para a araucária de Irati, oito delas apresentaram correlações não significativas (negrito na TABELA 35), sendo portanto, descartadas das análises. As correlações dos segmentos apresentam valores superiores ao da correlação crítica ao nível de probabilidade estabelecido, em que a média das correlações de todos os segmentos apresenta significância estatística, com correlações médias variando de 0,33 a 0,5. Com a exclusão das séries não significativas a correlação média das séries com a série máster passou de 0,399 para 0,452.

As cronologias resultantes das análises nos softwares COFECHA e ARSTAN, podem ser observadas respectivamente das FIGURAS 39 e 40.

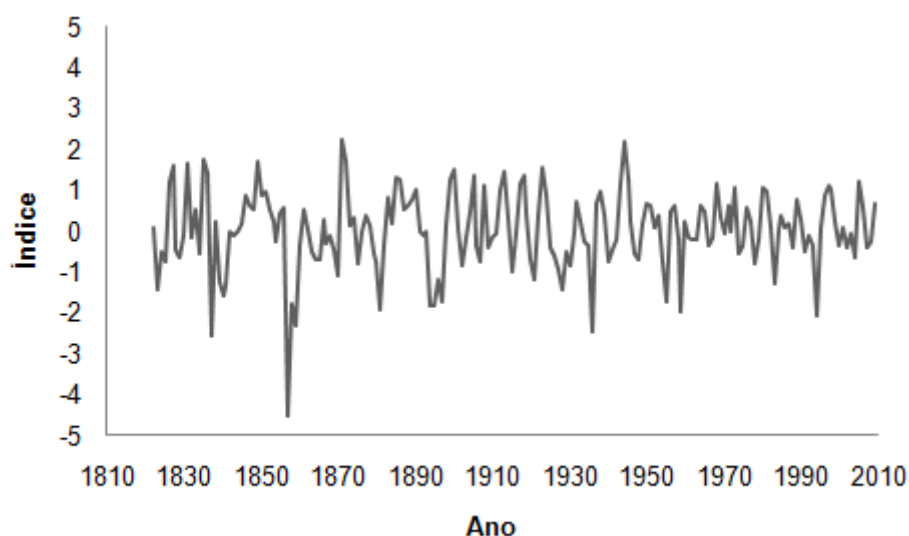


FIGURA39 -SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM IRATI ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

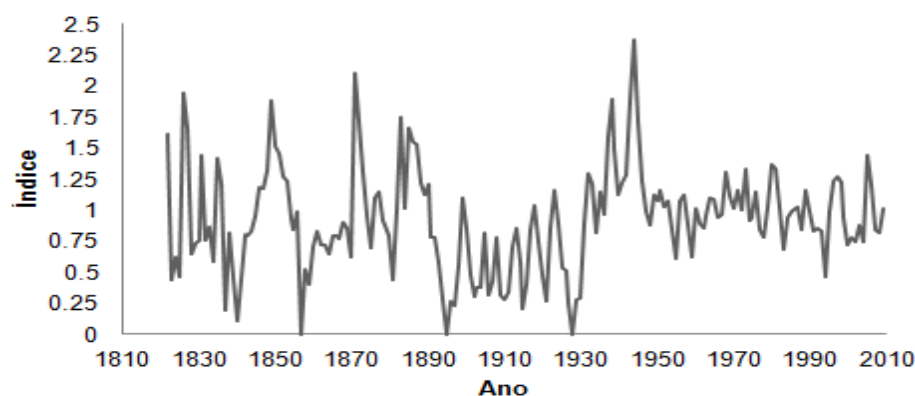


FIGURA 40 - SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM IRATI CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Com a observação e análise das FIGURAS 39 e 40, onde constam as séries máster com os valores padronizados das séries de crescimento, para a araucária de Irati, se observa valores com mais de duas repetições por ano por um período de 200 anos. Os picos de crescimento alto encontrados foram para os anos: 1827, 1831, 1835, 1849, 1871, 1872, 1900, 1923, 1944. Já os anos característicos de crescimento baixo são: 1837, 1840, 1857, 1858, 1881, 1894, 1895, 1897, 1936, 1955, 1959 e 1994. Com estes anos característicos, tanto de baixo como de alto crescimento, observa-se uma maior quantidade deles nos anos do século 19 em

relação ao século 20, apresentando o ano de 1857 como um forte indicador de crescimento baixo e os anos de 1871 e 1944 como grandes anos indicadores de crescimento alto. Nas décadas mais recentes observa-se que o ano de 1994 apresentou-se com característico de crescimento baixo.

As análises realizadas no COFECHA para a araucária de São Francisco de Paula estão dispostas na TABELA 36, onde é possível observar as correlações de cada segmento e também de cada série com a cronologia máster.

TABELA36 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *A. angustifolia* AMOSTRADA EM SÃO FRANCISCO DE PAULA.

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos				Correlação da série com a Máster
			1905 1949	1925 1974	1950 1999	1975 2009	
P45-19	1939	2009		0,45	0,38	0,32	0,408
P45-21	1917	2009	0,47	0,31	0,23	0,15	0,378
<b>P45-51</b>	<b>1916</b>	<b>2009</b>	<b>0,64</b>	<b>0,57</b>	<b>0,42</b>	<b>0,34</b>	<b>0,323</b>
P45-83	1920	2009	0,36	0,32	0,36	0,40	0,382
<b>P45-214</b>	<b>1946</b>	<b>2009</b>		<b>0,31</b>	<b>0,29</b>	<b>0,28</b>	<b>0,252</b>
<b>P45-227</b>	<b>1911</b>	<b>2009</b>	<b>0,43</b>	<b>0,46</b>	<b>0,47</b>	<b>0,26</b>	<b>0,284</b>
P45-251	1918	2009	0,43	0,40	0,32	0,27	0,372
<b>P45-357</b>	<b>1944</b>	<b>2009</b>		<b>0,42</b>	<b>0,40</b>	<b>0,32</b>	<b>0,285</b>
P45-426	1923	2009	0,43	0,43	0,35	0,38	0,413
P45-537	1912	2009	0,40	0,30	0,14	0,18	0,370
<b>P45-594</b>	<b>1966</b>	<b>2009</b>				<b>0,08</b>	<b>0,084</b>
P45-616	1946	2009		0,38	0,41	0,41	0,431
P45-681	1993	2009				0,46	0,464
P46-172	1905	2009	0,42	0,43	0,40	0,33	0,358
P46-179	1909	2009	0,30	0,38	0,39	0,41	0,335
P46-315	1946	2009		0,51	0,50	0,26	0,454
<b>P46-359</b>	<b>1958</b>	<b>2009</b>			<b>0,32</b>	<b>0,31</b>	<b>0,305</b>
P46-510	1929	2009		0,32	0,35	0,44	0,346
P46-564	1938	2009		0,44	0,39	0,31	0,435
P46-624	1950	2009			0,28	0,34	0,403
<b>P46-640</b>	<b>1932</b>	<b>2009</b>		<b>0,36</b>	<b>0,25</b>	<b>0,14</b>	<b>0,301</b>
P46-649	1939	2009		0,40	0,41	0,30	0,429
P46-686	1911	2009	0,75	0,71	0,71	0,66	0,719
<b>P46-717</b>	<b>1941</b>	<b>2009</b>		<b>0,44</b>	<b>0,43</b>	<b>0,37</b>	<b>0,300</b>
P46-816	1953	2009			0,46	0,41	0,448
P46-833	1919	2009	0,35	0,33	0,39	0,41	0,404
P46-837	1944	2009		0,40	0,39	0,28	0,381
P46-839	1920	2009	0,38	0,32	0,38	0,28	0,333
P46-846	1945	2009		0,43	0,36	0,38	0,420
P46-856	1911	2009	0,60	0,42	0,41	0,41	0,449
Média			0,46	0,41	0,37	0,34	0,380

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

Quando se descartam as amostras não significativas da araucária de São Francisco de Paula (8 séries), a correlação média das séries com a máster passa de 0,380 para 0,417, assim como ocorreu nos outros locais. Também é possível visualizar que as médias dos segmentos apresentam valores superiores ao valor crítico.

Nas FIGURAS 41 e 42 observa-se, respectivamente, as cronologias geradas pelos software COFECHA e ARSTAN, a partir das 22 séries com correlações significativas apresentadas na TABELA 36.

Estas cronologias desenvolvidas apresentam os anos característicos de crescimento alto como de crescimento baixo, podendo-se destacar os anos de 1917, 1920, 1922, 1929, 1940, 1951, 1957, 2005, 2009 como de crescimento alto e os anos de 1911, 1918, 1931, 1945, 1954, 1959, 1978, 1982, 1998, 2002 como de crescimento baixo. Dentre estes anos destacados, chamam a atenção alguns anos bastante característicos de crescimento baixo como 1911, 1918, 1931, e 2002 que apresentam os maiores picos.

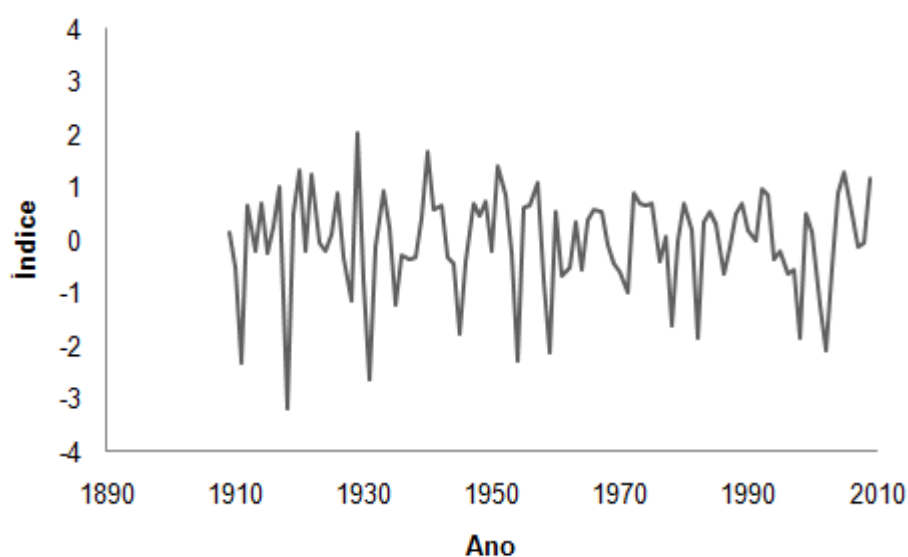


FIGURA41 -SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.



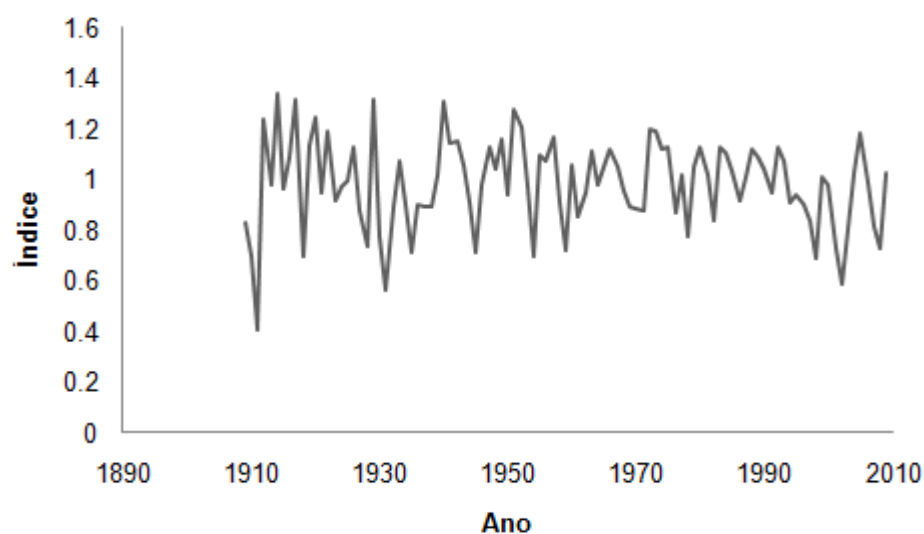


FIGURA42 -SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Spathelf et al. (2000), em uma análise dendroecológica de *Ocotea pulchella* localizadas no município de Itaára – RS, apontaram anéis característicos de crescimento baixo nos anos de (1972, 1979, 1984, 1989, 1991, 1994, 1995) e anéis característicos de crescimento alto (1975, 1981, 1983, 1987).

Nutto e Watzlawick (2002), em um estudo dendroecológico realizado com dois indivíduos de cada uma das espécies *Zanthoxylum rhoifolia* (mamica de cadela) e *Zanthoxylum hyemale* (coentrinho) no município de São Martinho da Serra – RS, destacam como anos de crescimento significativamente inferior: 1981, 1985, 1988 e os anos de 1992 e 1994 como crescimento superior.

Dentre os anos citados como de baixo incremento, e analisando-se os dados meteorológicos da estação de Bom Jesus-RS (FIGURA 68 e análises mais detalhadas dos dados climáticos) observa-se que no ano de 2001 ocorreu uma forte estiagem na área, em que o volume da precipitação foi muito reduzido em relação aos demais anos próximos a 2001, o que pode ter causado uma diminuição no crescimento das árvores de araucária no ano posterior, conforme demonstrado no pico de baixo crescimento no ano de 2002. Esta mesma característica foi observada por Mattos et al. (2007a) (que consideraram o intervalo de um ano o período entre os meses de agosto a julho) no estudo de seis espécies nativas da Floresta Ombrófila Mista no município de Candói – PR. Os autores constataram a ocorrência, entre os anos de 1999 a 2000, de uma situação extrema de baixa precipitação e umidade relativa, no

início da primavera, e baixas temperaturas no inverno no ano seguinte, acarretando redução do crescimento no mesmo ano ou no ano seguinte.

As correlações das séries das árvores de araucária de São João do Triunfo realizadas pelo software COFECHA podem ser visualizadas na TABELA 37.

TABELA37 - NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *A. angustifolia* AMOSTRADA EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO.

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos				Correlação da série com a Máster
			1885 1949	1925 1974	1950 1999	1975 2009	
P06-08	1921	2009	0,36	0,44	0,28	0,39	0,376
P06-18	1914	2009	0,46	0,38	0,54	0,45	0,381
P06-31	1922	2009	0,47	0,53	0,42	0,31	0,391
P06-35	1959	2009			0,34	0,33	0,344
P06-42	1930	2009		0,41	0,61	0,61	0,415
P06-59	1955	2009			0,43	0,49	0,427
P06-62	1956	2009			0,55	0,54	0,342
P06-74	1927	2009		0,34	0,50	0,59	0,328
P06-112	1937	2009		0,63	0,57	0,59	0,450
<b>P06-124</b>	<b>1926</b>	<b>2009</b>		<b>0,36</b>	<b>0,45</b>	<b>0,55</b>	<b>0,272</b>
<b>P06-155</b>	<b>1950</b>	<b>2009</b>			<b>0,50</b>	<b>0,47</b>	<b>0,301</b>
<b>P06-177</b>	<b>1956</b>	<b>2009</b>			<b>0,36</b>	<b>0,39</b>	<b>0,233</b>
P06-258	1959	2009			0,44	0,39	0,388
P06-283	1951	2009			0,34	0,47	0,541
P06-285	1930	2009		0,52	0,49	0,61	0,493
P06-307	1921	2009	0,39	0,36	0,41	0,44	0,423
P06-308	1958	2009			0,46	0,47	0,471
<b>P06-359</b>	<b>1952</b>	<b>2009</b>			<b>0,33</b>	<b>0,49</b>	<b>0,269</b>
P06-360	1957	2009			0,49	0,50	0,495
P06-470	1937	2009		0,33	0,34	0,44	0,363
<b>P14-545</b>	<b>1885</b>	<b>2009</b>	<b>0,29</b>	<b>0,26</b>	<b>0,37</b>	<b>0,41</b>	<b>0,288</b>
P14-646	1926	2009		0,61	0,76	0,76	0,653
<b>P16-540</b>	<b>1958</b>	<b>2009</b>			<b>0,44</b>	<b>0,43</b>	<b>0,317</b>
<b>P16-541</b>	<b>1936</b>	<b>2009</b>		<b>0,50</b>	<b>0,56</b>	<b>0,35</b>	<b>0,317</b>
P28-56	1936	2009		0,39	0,41	0,52	0,480
P16-628	1930	2009		0,44	0,33	0,43	0,468
P28-188	1932	2009		0,48	0,42	0,40	0,394
P28-307	1937	2009		0,52	0,55	0,50	0,380
P28-392	1931	2009		0,39	0,26	0,35	0,400
<b>P28-429</b>	<b>1941</b>	<b>2009</b>		<b>0,18</b>	<b>0,33</b>	<b>0,37</b>	<b>0,279</b>
Média			0,39	0,42	0,44	0,47	0,391

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

Observou-se, assim como nas araucárias de São Francisco de Paula e Irati, a presença de oito séries não significativas (negrito na TABELA 37) que foram descartadas para a construção das cronologias máster. Com esta exclusão a correlação média das séries com a máster passou de 0,391 para 0,423. Também foi

possível verificar que a correlação média de todas as séries apresentou valores significativos variando de 0,39 a 0,47.

As cronologias máster e padronizadas desenvolvidas nos software COFECHA e ARSTAN, para a araucária de São João do Triunfo podem ser observadas nas FIGURAS 43 e 44.

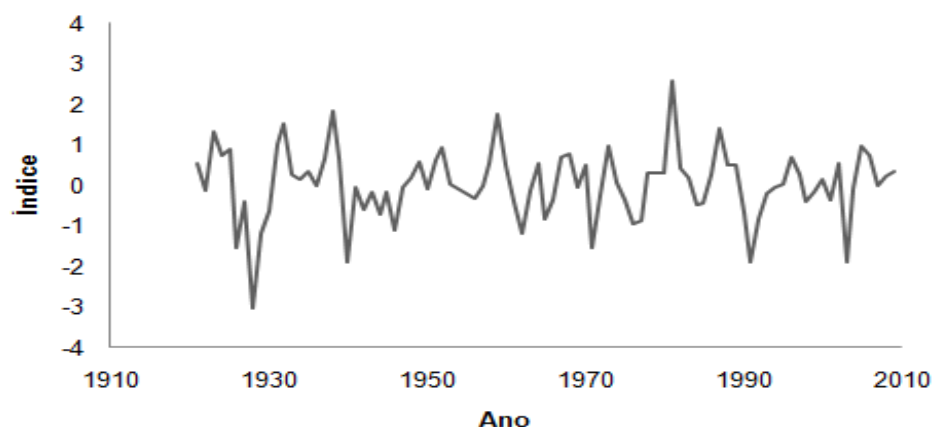


FIGURA43 -SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

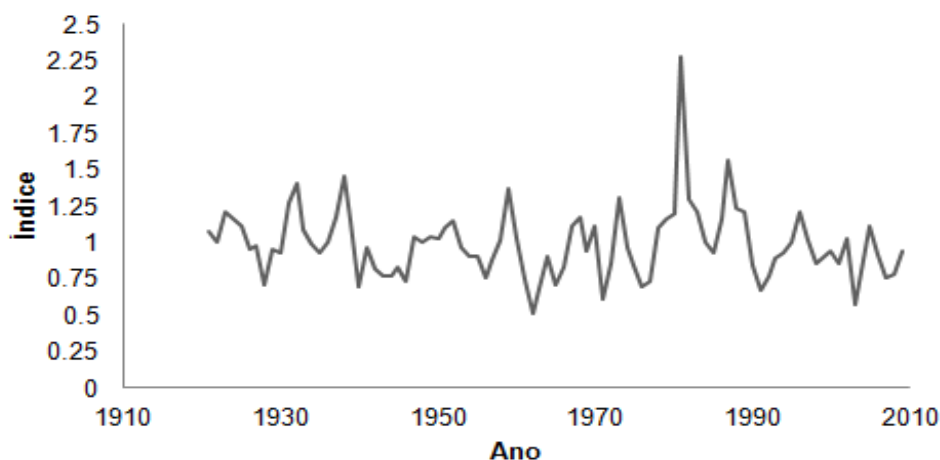


FIGURA44 -SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Observou-se, ao analisar as cronologias, a presença dos anos característicos podendo-se destacar 1923, 1932, 1938, 1959, 1981, 1987 como de crescimento alto e 1926, 1928, 1940, 1946, 1962, 1971, 1991, 2003 como de crescimento baixo. Dentre estes anos mencionados pode-se destacar o ano de 1928 com um forte indicador de crescimento baixo e o ano de 1981 com crescimento alto. Nas duas

últimas décadas os grandes picos observáveis foram de crescimento baixo, em que ficaram evidenciados os anos de 1991 e de 2003 como grandes indicadores de crescimento baixo.

As análises das séries de araucária coletadas na Floresta Nacional de Três Barras podem ser observadas na TABELA 38.

TABELA38 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *A. angustifolia* AMOSTRADA EM TRÊS BARRAS.

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos			Correlação da série com a Máster
			1925 1974	1950 1999	1975 2009	
A34	1952	2009		0,34	0,44	0,391
<b>A126</b>	<b>1976</b>	<b>2009</b>			<b>0,28</b>	<b>0,278</b>
A265	1971	2009			0,37	0,372
A269	1950	2009		0,51	0,40	0,448
<b>A429</b>	<b>1972</b>	<b>2009</b>			<b>0,35</b>	<b>0,274</b>
A458	1953	2009		0,42	0,43	0,390
<b>A540</b>	<b>1962</b>	<b>2009</b>			<b>0,29</b>	<b>0,291</b>
A552	1941	2009	0,76	0,74	0,74	0,732
<b>A564</b>	<b>1941</b>	<b>2009</b>	<b>0,26</b>	<b>0,29</b>	<b>0,33</b>	<b>0,279</b>
A847	1941	2009	0,60	0,47	0,46	0,444
N11	1963	2009			0,47	0,473
<b>P375</b>	<b>1948</b>	<b>2009</b>	<b>0,30</b>	<b>0,32</b>	<b>0,25</b>	<b>0,309</b>
R615	1961	2009			0,51	0,508
<b>R617</b>	<b>1978</b>	<b>2009</b>			<b>0,29</b>	<b>0,286</b>
R640	1941	2009	0,40	0,33	0,25	0,373
R723	1966	2009			0,32	0,367
T303	1960	2009			0,36	0,357
U763	1970	2009			0,34	0,548
V170	1958	2009		0,34	0,37	0,338
W542	1964	2009			0,34	0,336
W603	1957	2009		0,31	0,33	0,339
W640	1963	2009			0,52	0,447
<b>W679</b>	<b>1962</b>	<b>2009</b>			<b>0,29</b>	<b>0,292</b>
W685	1970	2009			0,40	0,398
X193	1831	2009	0,40	0,34	0,28	0,389
X384	1953	2009		0,42	0,43	0,392
<b>X400</b>	<b>1954</b>	<b>2009</b>		<b>0,41</b>	<b>0,39</b>	<b>0,271</b>
<b>Z208</b>	<b>1980</b>	<b>2009</b>			<b>0,35</b>	<b>0,284</b>
Z411	1971	2009			0,48	0,484
Z463	1965	2009			0,36	0,364
Média			0,45	0,39	0,38	0,388

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

O maior número de séries não significativas para araucária foi observado em Três Barras, sendo descartadas nove séries para a construção das cronologias máster. Da mesma forma como ocorreu nos demais locais, com a exclusão da série

não significativa, ocorreu um aumento da correlação média das séries com a máster passando de 0,388 para 0,420. Este maior número de séries não significativas em Três Barras deve-se ao fato de o maior número amostras coletadas serem de indivíduos de menor diâmetro e que, por conseguinte, podem estar suprimidas no interior da floresta, não demonstrando o ótimo do crescimento característico das árvores dominantes.

As cronologias resultantes das araucárias de Três Barras, desenvolvidas pelos software COFECHA e ARSTAN, podem ser visualizadas, respectivamente, nas FIGURAS 45 e 46.

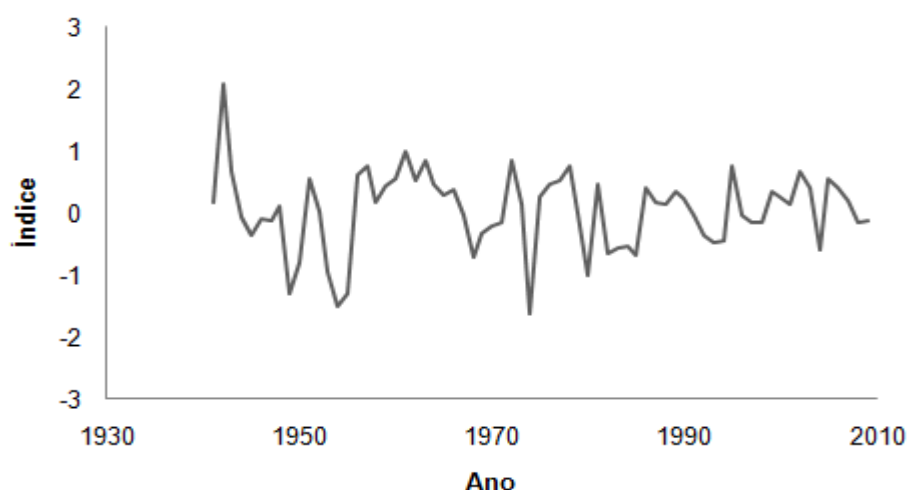


FIGURA45 -SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

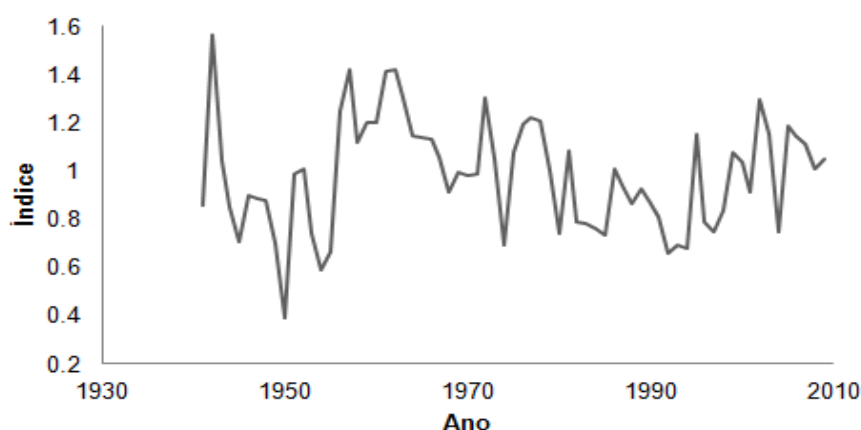


FIGURA46 -SÉRIE MÁSTER DE *A. angustifolia* AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

As cronologias de Três Barras foram as com menor intervalo de tempo dentre todas as desenvolvidas para a araucária, sendo o ano mais distante, que apresenta mais de duas repetições, o de 1941. Neste intervalo de tempo, anos característicos de crescimento alto foram observados, como: 1942, 1961, 1963, 1972, e característicos de crescimento baixo, como: 1949, 1954, 1955, 1974, 1980. Pode ser observado ainda, que os maiores picos de crescimento alto ocorreram nas décadas de 1940 e 1960 e na década de 1950 ocorreram os maiores picos de baixo crescimento, não sendo observado nenhum grande pico, tanto de baixo com de alto crescimento, nas décadas de 1990 e 2000.

#### 5.9.2. *Cedrela fissilis*

A análise das cronologias e das séries individuais das amostras de cedro dos diferentes locais do sul do Brasil onde foram coletadas serão discutidas neste subtópico. Na TABELA 39 pode ser observada a correlação das séries e seus segmentos para o cedro de Caçador.

Dentre as três espécies coletadas em Caçador, o cedro foi a que apresentou o maior número de indivíduos não significativos (6 séries) que foram excluídos das análises subsequentes. Com a exclusão destas amostras não significativas a correlação média das séries com a cronologia máster passou de 0,398 (TABELA 39) para 0,413. Também foi possível observar que as correlações médias dos segmentos das séries foram todas superiores aos valores críticos com uma variação de 0,4 a 0,47.

Andreacci (2012) realizou o controle de qualidade da largura dos anéis do crescimento de árvores de *Cedrela fissilis* em duas regiões no estado do Paraná. Para as 71 amostras coletadas de 20 árvores localizadas no primeiro planalto paranaense, 22 amostras de 11 destas árvores apresentaram correlação significativa (0,556), demonstrando haver um sinal comum de crescimento para 11 árvores do total de 20. Para outra área, no litoral do estado, 15 raios de um total de 39 amostrados, pertencentes a 11 árvores, apresentaram uma tendência comum de crescimento, porém a correlação das séries não foi significativa (0,356).

TABELA39 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *C. fissilis* AMOSTRADA EM CAÇADOR

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos					Correlação da série com a Máster
			1875	1900	1925	1950	1975	
			1924	1949	1974	1999	2024	
<b>P03-15</b>	<b>1894</b>	<b>2009</b>	<b>0,51</b>	<b>0,60</b>	<b>0,44</b>	<b>0,36</b>	<b>0,41</b>	<b>0,317</b>
P03-33	1915	2009		0,59	0,47	0,37	0,40	0,480
<b>P03-65</b>	<b>1955</b>	<b>2009</b>				<b>0,35</b>	<b>0,27</b>	<b>0,255</b>
P06-21	1916	2009		0,34	0,37	0,48	0,67	0,418
X1	1970	2009					0,50	0,420
<b>X2</b>	<b>1962</b>	<b>2009</b>					<b>0,33</b>	<b>0,318</b>
X3	1976	2009					0,56	0,533
<b>X5</b>	<b>1889</b>	<b>2009</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,51</b>	<b>0,44</b>	<b>0,44</b>	<b>0,320</b>
X4	1913	2009		0,64	0,79	0,78	0,77	0,693
X6	1909	2009		0,38	0,42	0,44	0,49	0,406
X7	1917	2009		0,55	0,58	0,65	0,54	0,514
X8	1928	2009			0,36	0,42	0,41	0,376
X9	1954	2009				0,39	0,38	0,342
X10	1956	2009				0,51	0,48	0,432
X11	1965	2009					0,38	0,375
X12	1919	2009		0,65	0,49	0,42	0,38	0,368
X13	1943	2009			0,35	0,42	0,39	0,351
X14	1930	2009			0,45	0,48	0,45	0,420
<b>X15</b>	<b>1930</b>	<b>2009</b>			<b>0,36</b>	<b>0,50</b>	<b>0,33</b>	<b>0,299</b>
X16	1933	2009			0,45	0,48	0,43	0,399
X17	1927	2009			0,53	0,49	0,47	0,429
X18	1937	2009			0,50	0,42	0,37	0,376
X19	1944	2009			0,33	0,38	0,51	0,390
<b>X20</b>	<b>1890</b>	<b>2009</b>	<b>0,41</b>	<b>0,48</b>	<b>0,50</b>	<b>0,38</b>	<b>0,45</b>	<b>0,311</b>
X21	1944	2009			0,49	0,45	0,39	0,418
X22	1902	2009		0,42	0,34	0,39	0,37	0,337
X23	1954	2009				0,54	0,49	0,488
X24	1873	2009	0,36	0,44	0,47	0,52	0,51	0,414
X25	1892	2009	0,36	0,41	0,66	0,55	0,54	0,329
X26	1889	2009	0,49	0,43	0,41	0,50	0,50	0,455
	Média		0,40	0,47	0,47	0,46	0,45	0,398

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

Andreacci (2012) relata, ainda, que a exclusão de indivíduos das séries radiais com baixa correlação com os demais é comum para o gênero *Cedrela*, sendo observado também em trabalhos conduzidos por Dünisch et al. (2003), Rauber (2010) e Lobão (2011).

As cronologias geradas para o cedro de Caçador apresentam-se com valores mais distantes e com mais de duas repetições no ano de 1889, sendo a cronologia mais longa para a espécie dentre todos os locais. As séries máster geradas pelos software COFECHA e ARSTAN podem ser visualizadas, respectivamente, nas FIGURAS 47 e 48.

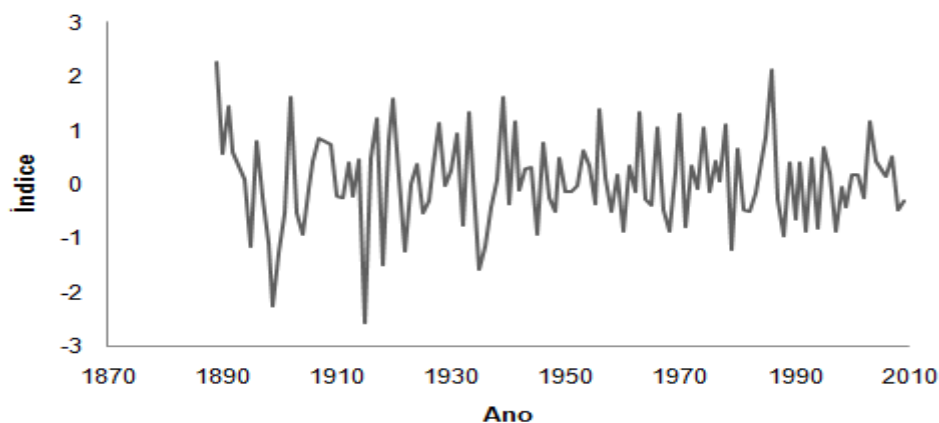


FIGURA47 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM CAÇADOR ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

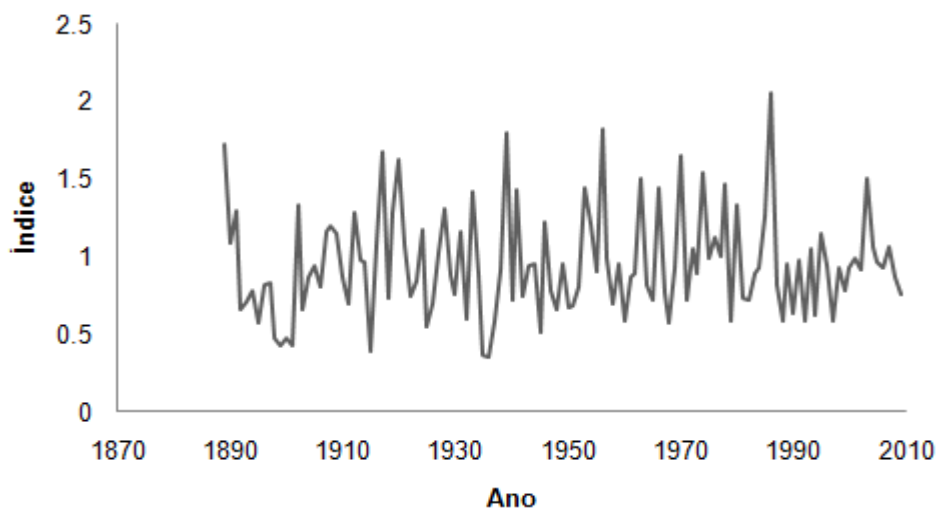


FIGURA48 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM CAÇADOR CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Foram observadas nas cronologias geradas para o cedro de Caçador, a presença de alguns anos característicos de crescimento alto como: 1889, 1891, 1902, 1917, 1920, 1933, 1939, 1956, 1963, 1970, 1986 e outros de crescimento baixo como 1899, 1900, 1915, 1918, 1922, 1935, 1979. Dentre estes anos os maiores picos foram observados no ano de 1889 (primeiro ano da série), como crescimento alto e o ano de 1986 também como crescimento alto. Os maiores picos de crescimento baixo foram observados nos anos 1899 e 1915.

As correlações dos segmentos e das séries de cedro de Chapecó podem ser observadas na TABELA 40.



As amostras de cedro que apresentaram menor número de séries não significativas, foram as de Chapecó, onde somente três séries apresentaram correlações inferiores ao limite crítico a 1%. Com a exclusão destas séries não significativas, a correlação média das séries com a máster passou de 0,407 para 0,418.

As cronologias geradas pelos software COFECHA e ARSTAN com as séries significativas apresentadas na TABELA 40 e que apresentam mais de duas repetições por ano podem ser observadas, respectivamente, nas FIGURAS 49 e 50.

TABELA40 - NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *C. fissilis* AMOSTRADA EM CHAPECÓ.

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos				Correlação da série com a Máster
			1900	1925	1950	1975	
			1949	1974	1999	2009	
<b>452</b>	<b>1963</b>	<b>2009</b>				<b>0,35</b>	<b>0,281</b>
1912	1921	2009	0,35	0,36	0,34	0,37	0,382
3621	1971	2009				0,33	0,336
3632	1944	2009		0,37	0,36	0,46	0,360
3636	1921	2009	0,40	0,43	0,52	0,52	0,447
4182	1944	2009		0,38	0,36	0,41	0,438
4195	1930	2009		0,36	0,35	0,36	0,352
4203	1948	2009		0,39	0,40	0,37	0,349
4640	1937	2009		0,37	0,31	0,42	0,328
4656	1960	2009				0,50	0,361
5465	1949	2009		0,43	0,43	0,39	0,350
5499	1932	2009		0,35	0,35	0,38	0,369
5538	1954	2009			0,48	0,49	0,462
6318	1936	2009		0,54	0,45	0,44	0,463
6387	1936	2009		0,52	0,44	0,43	0,430
6812	1924	2009	0,41	0,40	0,58	0,52	0,445
6814	1943	2009		0,37	0,36	0,35	0,364
<b>6846</b>	<b>1921</b>	<b>2009</b>	<b>0,27</b>	<b>0,31</b>	<b>0,29</b>	<b>0,24</b>	<b>0,288</b>
7158	1907	2009	0,41	0,41	0,57	0,53	0,434
7163	1932	2009		0,31	0,40	0,50	0,386
7545	1949	2009		0,39	0,46	0,45	0,384
7951	1943	2009		0,83	0,84	0,85	0,835
8497	1957	2009			0,55	0,54	0,430
8845	1933	2009		0,35	0,42	0,38	0,347
8887	1956	2009			0,50	0,45	0,362
<b>9279</b>	<b>1967</b>	<b>2009</b>				<b>0,37</b>	<b>0,321</b>
10478	1954	2009			0,39	0,45	0,479
10499	1948	2009		0,70	0,70	0,69	0,536
11150	1942	2009		0,41	0,38	0,43	0,441
11562	1961	2009				0,36	0,384
	Média		0,37	0,43	0,44	0,46	0,407

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

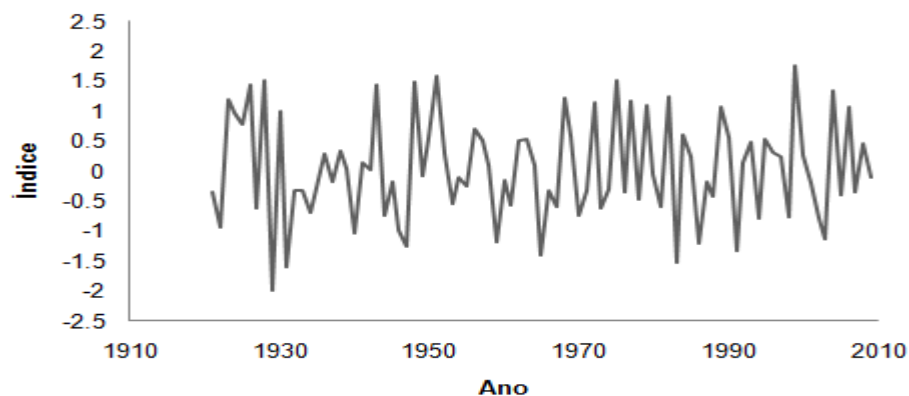


FIGURA49 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM CHAPECÓ ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

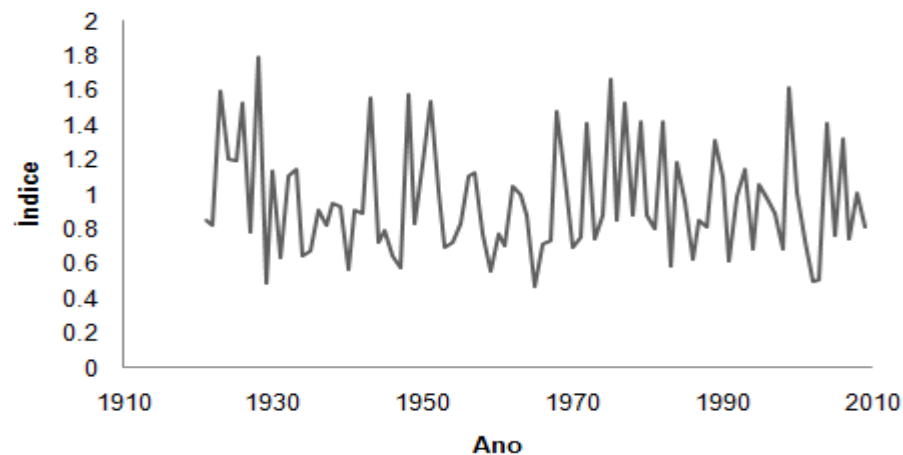


FIGURA50 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM CHAPECÓ CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Com a observação das cronologias geradas pelos software COFECHA e ARSTAN, pode-se visualizar que os anos de 1926, 1928, 1943, 1948, 1951, 1968, 1975, 1982, 1999, 2004 foram característicos de crescimento alto, enquanto que 1929, 1931, 1947, 1965, 1983, 1986, 1991 foram característicos de crescimento baixo. Um fato curioso observado foi que alguns dos grandes picos de crescimento aparecem em sequência de alto e baixo crescimento 1928 e 1929 e 1982 e 1983, e também em sequência de baixo seguido de alto como em 1947 e 1948. O primeiro caso pode estar atrelado a fatores climáticos que interferiram no crescimento, ou seja, um ano favorável seguido de um desfavorável pode ter causado uma queda abrupta no incremento das árvores. No caso dos anos da década de 1980, por exemplo, ocorreu numa redução de 1°C em média na temperatura máxima do ano de 1982 para 1983 e uma considerável diminuição das chuvas no mesmo período

neste local, o que pode ter ocasionado uma queda no crescimento das árvores de cedro conforme observado acima. O mesmo fato poderia ter acontecido nos anos de 1928 e 1929, porém não se dispõe de dados climáticos neste período. Em relação ao segundo caso apontado (anos 1947 e 1948), em que ocorreu um pico de crescimento baixo seguido de crescimento alto, pode-se associá-lo a uma intervenção antrópica na área, em que as árvores de cedro foram sensíveis à abertura do dossel etc. e responderam ao crescimento no ano seguinte.

Em relação às amostras de cedro coletadas em Irati, suas análises com as correlações dos segmentos e da série máster elaboradas pelo COFECHA podem ser observadas na TABELA 41.

TABELA41 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *C. fissilis* AMOSTRADA EM IRATI.

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos							Correlação da série com a Máster
			1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975	
			1874	1899	1924	1949	1974	1999	2009	
<b>B12-127</b>	<b>1958</b>	<b>2009</b>						<b>0,49</b>	<b>0,50</b>	<b>0,308</b>
B12-214	1836	2009	0,49	0,54	0,46	0,48	0,41	0,37	0,34	0,427
B12-474	1945	2009					0,44	0,37	0,44	0,441
B14-01	1929	2009					0,83	0,80	0,78	0,792
B14-263	1901	2009				0,45	0,45	0,51	0,65	0,416
B14-263	1901	2009				0,51	0,54	0,42	0,44	0,428
B15-139	1962	2009							0,40	0,345
B15-141	1947	2009					0,34	0,35	0,39	0,345
<b>B15-343</b>	<b>1957</b>	<b>2009</b>						<b>0,38</b>	<b>0,41</b>	<b>0,306</b>
B15-36	1957	2009						0,59	0,55	0,440
B15-537	1926	2009					0,45	0,42	0,57	0,444
<b>B15-539</b>	<b>1926</b>	<b>2009</b>					<b>0,40</b>	<b>0,36</b>	<b>0,53</b>	<b>0,310</b>
<b>B15-578</b>	<b>1937</b>	<b>2009</b>					<b>0,36</b>	<b>0,38</b>	<b>0,40</b>	<b>0,311</b>
<b>B16-33</b>	<b>1944</b>	<b>2009</b>					<b>0,52</b>	<b>0,47</b>	<b>0,53</b>	<b>0,278</b>
B16-144	1913	2009				0,62	0,61	0,47	0,49	0,439
B16-163	1898	2009			0,50	0,43	0,45	0,46	0,55	0,453
<b>B16-327</b>	<b>1974</b>	<b>2009</b>							<b>0,76</b>	<b>0,203</b>
<b>B16-381</b>	<b>1847</b>	<b>2009</b>	<b>0,42</b>	<b>0,47</b>	<b>0,48</b>	<b>0,48</b>	<b>0,54</b>	<b>0,50</b>	<b>0,53</b>	<b>0,289</b>
B17-219	1890	2009			0,54	0,46	0,45	0,45	0,49	0,392
<b>B17-427</b>	<b>1923</b>	<b>2009</b>				<b>0,48</b>	<b>0,48</b>	<b>0,52</b>	<b>0,45</b>	<b>0,200</b>
B17-556	1901	2009				0,34	0,50	0,58	0,70	0,341
B17-611	1931	2009					0,64	0,69	0,64	0,340
<b>B19-111</b>	<b>1957</b>	<b>2009</b>						<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,137</b>
B19-212	1919	2009				0,49	0,47	0,63	0,62	0,504
<b>B19-271</b>	<b>1918</b>	<b>2009</b>				<b>0,46</b>	<b>0,43</b>	<b>0,41</b>	<b>0,41</b>	<b>0,302</b>
B19-61	1944	2009					0,49	0,53	0,64	0,445
B19-627	1957	2009						0,64	0,61	0,639
B19-630	1940	2009					0,51	0,57	0,63	0,328
B19-694	1943	2009					0,46	0,42	0,38	0,369
Média			0,45	0,50	0,50	0,47	0,49	0,49	0,52	0,384

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

Das 29 amostras coletadas para cedro de Irati, dez não apresentaram significância estatística, sendo, portanto, descartadas da análise. Com a exclusão destas séries não significativas a correlação média das séries com a máster gerada passou de 0,384 para 0,430. Os valores das correlações médias dos segmentos das séries individuais foram todos significativos a 1% variando de 0,47 a 0,52.

As cronologias geradas pelos software COFECHA e ARSTAN, a partir das 19 séries que apresentaram significância estatística, podem ser observadas, respectivamente, nas FIGURAS 51 e 52.

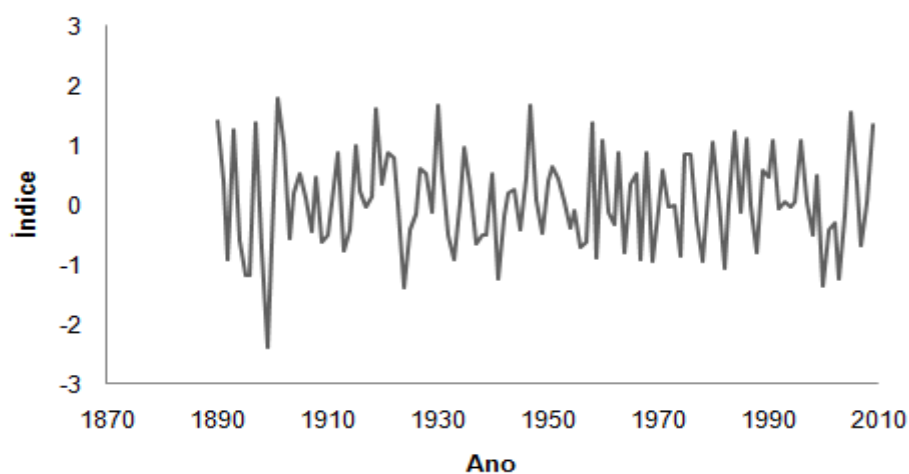


FIGURA51 - SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM IRATI ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

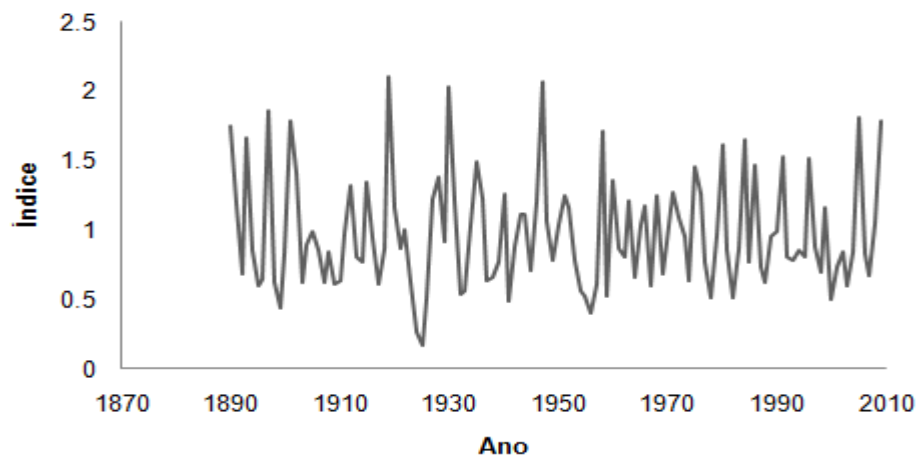


FIGURA52 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM IRATI CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Os gráficos das cronologias apresentadas nas FIGURAS 51 e 52, demonstram que os anos que se apresentaram como característicos de crescimento alto foram: 1890, 1893, 1897, 1901, 1919, 1930, 1947, 1958, 1984, 2005, 2009. Os

que apresentaram características de crescimento baixo foram os de 1899, 1924, 1941, 2000, 2003. De maneira geral, nos mais de 100 anos em que as cronologias representam, ocorrem mais anos característicos de crescimento alto do que baixo, porém os maiores picos ocorreram em anos de crescimento baixo, que aconteceram no final do século 19 e começo do século 20, com os anos de 1899 e 1924.

As análises realizadas para as amostras de cedro de São Francisco de Paula, com as correlações dos segmentos de cada série e com a correlação das séries com a máster gerada, podem ser visualizadas na TABELA 42.

TABELA42 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *C. fissilis* AMOSTRADA EM SÃO FRANCISCO DE PAULA.

Séries Nº	Amplitude		Correlação do Segmento		Correlação da série com a Máster
			1958	2009	
P45-03	1958	2009	0,32		0,367
<b>P45-295</b>	<b>1960</b>	<b>2009</b>	<b>0,28</b>		<b>0,226</b>
<b>P45-848</b>	<b>1972</b>	<b>2009</b>	<b>0,38</b>		<b>0,297</b>
P46-294	1960	2009	0,69		0,689
<b>P46-809</b>	<b>1979</b>	<b>2009</b>	<b>0,38</b>		<b>0,251</b>
P46-916	1988	2009	0,37		0,374
X1	1966	2009	0,35		0,354
<b>X2</b>	<b>1967</b>	<b>2009</b>	<b>0,38</b>		<b>0,261</b>
X3	1978	2009	0,42		0,417
<b>X4</b>	<b>1984</b>	<b>2009</b>	<b>0,53</b>		<b>0,131</b>
X5	1986	2009	0,50		0,367
X6	1989	2009	0,35		0,375
<b>X7</b>	<b>1960</b>	<b>2009</b>	<b>0,40</b>		<b>0,292</b>
<b>X8</b>	<b>1968</b>	<b>2009</b>	<b>0,35</b>		<b>0,207</b>
X9	1960	2009	0,43		0,431
<b>X10</b>	<b>1976</b>	<b>2009</b>	<b>0,29</b>		<b>0,287</b>
X11	1972	2009	0,58		0,395
X12	1969	2009	0,39		0,440
X13	1960	2009	0,53		0,526
<b>X14</b>	<b>1960</b>	<b>2009</b>	<b>0,26</b>		<b>0,265</b>
	Média			0,41	0,355

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

As amostras coletadas para o cedro de São Francisco de Paula foram as de menores dimensões e com menores idades dentre todas as espécies em todos os locais de coleta. Neste local as espécies não ocorrem tão frequentemente como nos demais locais de coleta. Com isso e, por boa parte dos indivíduos apresentarem-se suprimidos na floresta, nove séries não apresentaram correlações significativas com a máster gerada para a espécie no local. Assim como nos outros locais, as séries

que apresentaram correlações não significativas foram descartadas das análises futuras, o que acarretou em um aumento da correlação média entre as séries com a máster de 0,355 para 0,446.

As cronologias geradas pelos software COFECHA e ARSTAN para o cedro de São Francisco de Paula, podem ser observadas respectivamente nas FIGURAS 53 e 54.

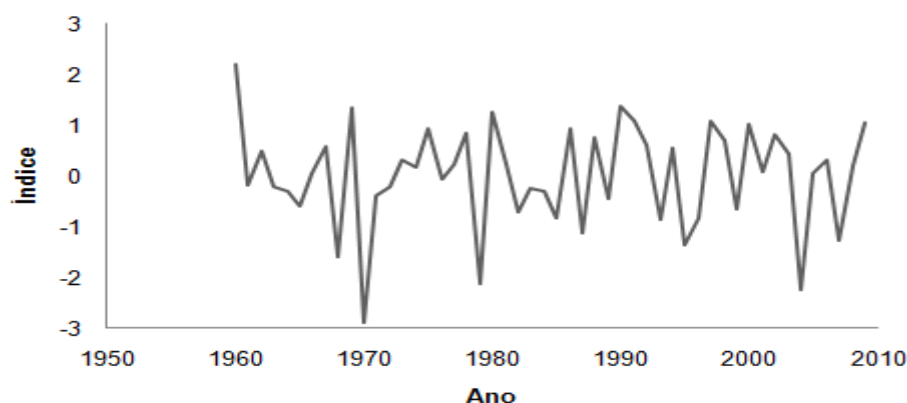


FIGURA53 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

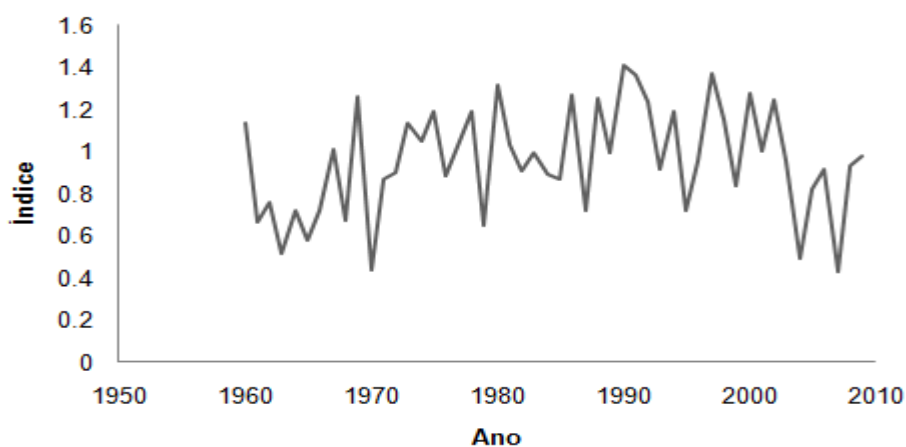


FIGURA54 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Nestas curtas cronologias geradas para o cedro de São Francisco de Paula, observou-se que a maioria dos picos, tanto de alto como de baixo crescimento, apresentam-se mesclados em quase todas as décadas das séries, podendo-se destacar os anos de alto crescimento como 1960, 1969, 1980, 1991, 1997, 2000, 2009 e de baixo crescimento como 1968, 1970, 1979, 1987, 1995, 2004, 2007. Na última década, apesar de o ano de 2009 ser retratado como de crescimento alto, os

picos aconteceram em anos de crescimento baixo, sendo que 2004 e 2007 foram muito característicos neste sentido.

As análises das correlações entre as séries de cedro de São João do Triunfo podem ser observadas detalhadamente na TABELA 43.

TABELA 43 - NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *C. fissilis* AMOSTRADA EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO.

Séries Nº	Amplitude	Correlação dos Segmentos					Correlação da série com a Máster
		1875	1900	1925	1950	1975	
		1924	1949	1974	1999	2009	
P03-451	1979	2009				0,66	0,512
P03-527	1978	2009				0,65	0,567
P03-561	1978	2009				0,59	0,408
P03-1008	1980	2009				0,55	0,633
P03-1021	1985	2009				0,52	0,465
P03-3001	1971	2009				0,41	0,404
P03-4001	1985	2009				0,64	0,328
<b>P03-4002</b>	<b>1978</b>	<b>2009</b>				<b>0,48</b>	<b>0,261</b>
P03-4015	1981	2009				0,40	0,421
P03-5003	1979	2009				0,46	0,342
P03-5010	1981	2009				0,43	0,331
P03-7002	1986	2009				0,40	0,397
P03-7003	1975	2009				0,61	0,525
P03-8008	1975	2009				0,59	0,571
P06-12	1979	2009				0,56	0,468
P06-305	1986	2009				0,57	0,612
P11-04	1895	2009	0,37	0,33	0,46	0,62	0,451
<b>P11-05</b>	<b>1901</b>	<b>2009</b>			<b>0,24</b>	<b>0,56</b>	<b>0,313</b>
<b>P13-01</b>	<b>1962</b>	<b>2009</b>				<b>0,40</b>	<b>0,104</b>
P13-02	1979	2009				0,51	0,530
P14-216	1972	2009				0,48	0,506
<b>P14-517</b>	<b>1912</b>	<b>2009</b>		<b>0,30</b>	<b>0,32</b>	<b>0,37</b>	<b>0,314</b>
P14-522	1923	2009		0,32	0,31	0,46	0,345
<b>P16-199</b>	<b>1930</b>	<b>2009</b>			<b>0,30</b>	<b>0,35</b>	<b>0,312</b>
P25-01	1891	2009	0,34	0,33	0,33	0,33	0,44
P28-35	1958	2009				0,79	0,787
P28-360	1948	2009			0,38	0,39	0,373
<b>P28-383</b>	<b>1951</b>	<b>2009</b>				<b>0,53</b>	<b>0,293</b>
P28-393	1918	2009		0,32	0,27	0,55	0,430
<b>P28-438</b>	<b>1944</b>	<b>2009</b>			<b>0,40</b>	<b>0,49</b>	<b>0,243</b>
Média			0,36	0,33	0,34	0,48	0,397

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

Com a análise das amostras coletadas para o cedro de São João do Triunfo, foi possível visualizar a presença de sete amostras não significativas, ou seja, que apresentaram correlações inferiores ao limite crítico a 1%. Estas séries, assim como

nos demais locais, foram excluídas da análise fazendo com que a correlação média das séries com a máster gerada passasse de 0,397 para 0,448.

As cronologias geradas para o cedro neste local foram as mais longas geradas para a espécie dentre todos os locais analisados, em que o ano de 1895 foi o mais distante da série, apresentando mais de duas repetições. Estas cronologias geradas e indexadas, respectivamente, pelos software COFECHA e ARSTAN podem ser observadas nas FIGURAS 55 e 56.

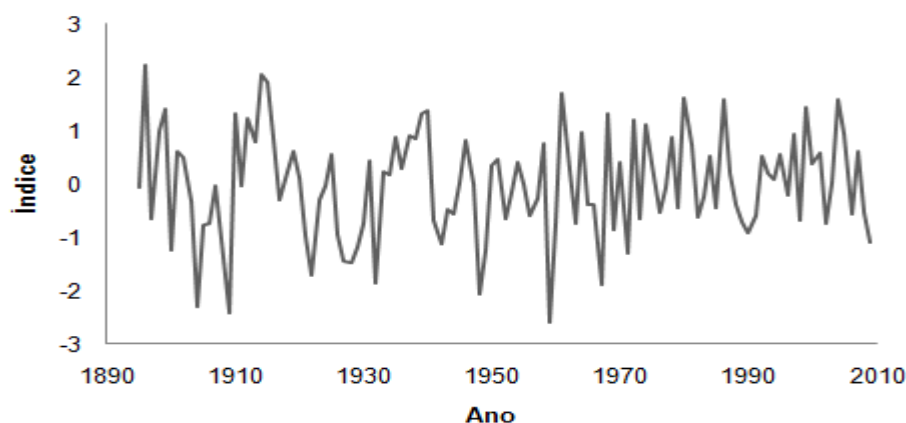


FIGURA55 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

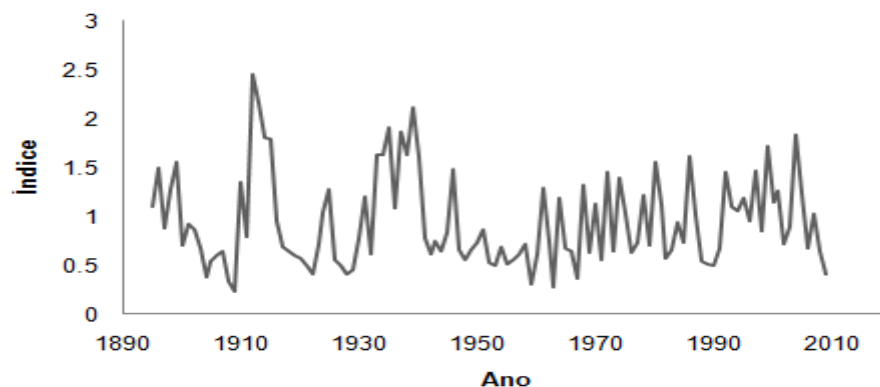


FIGURA56 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Os maiores picos de crescimento alto observados nas cronologias estão dispostos no final do século 19 e nas primeiras décadas do século 20, sendo encontrados alguns anos destacados pelo alto crescimento na década de 1980. Em relação aos anos indicadores de crescimento baixo, foram encontrados alguns picos no começo do século 20, mas a maioria deles foi encontrado no final das décadas de 1940 e nas décadas de 1950 e 1960.



Em relação às amostras de cedro de Três Barras, as correlações dos segmentos e das séries individuais com a máster gerada pelo COFECHA podem ser observadas na TABELA 44.

Com a análise das correlações das séries individuais e dos seus segmentos (TABELA 44) foi possível observar a presença de oito séries não significativas. Com a exclusão destas oito séries, a correlação média das séries com a série máster passou de 0,384 para 0,412.

TABELA44 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *C. fissilis* AMOSTRADA EM TRÊS BARRAS.

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos					Correlação da série com a Máster
			1875 1924	1900 1949	1925 1974	1950 1999	1975 2009	
A01	1957	2009				0,57	0,55	0,437
<b>A03</b>	<b>1899</b>	<b>2009</b>	<b>0,35</b>	<b>0,36</b>	<b>0,35</b>	<b>0,24</b>	<b>0,13</b>	<b>0,269</b>
A22	1863	2009	0,38	0,36	0,41	0,47	0,47	0,409
A38	1964	2009					0,33	0,333
A106	1961	2009					0,46	0,345
A161	1955	2009				0,38	0,33	0,364
A176	1957	2009				0,42	0,31	0,425
A202	1909	2009		0,62	0,50	0,33	0,30	0,468
A295	1966	2009					0,40	0,337
A473	1949	2009			0,46	0,42	0,35	0,362
A498	1957	2009				0,41	0,37	0,417
A534	1954	2009				0,47	0,34	0,409
A582	1947	2009			0,47	0,46	0,54	0,470
A715	1913	2009		0,81	0,79	0,70	0,64	0,744
<b>M566</b>	<b>1969</b>	<b>2009</b>					<b>0,20</b>	<b>0,208</b>
P508	1959	2009				0,32	0,32	0,342
R580	1978	2009					0,44	0,436
<b>U684</b>	<b>1969</b>	<b>2009</b>					<b>0,46</b>	<b>0,295</b>
U775	1970	2009					0,46	0,356
<b>V401</b>	<b>1921</b>	<b>2009</b>		<b>0,40</b>	<b>0,38</b>	<b>0,24</b>	<b>0,20</b>	<b>0,318</b>
<b>V403</b>	<b>1918</b>	<b>2009</b>		<b>0,35</b>	<b>0,42</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,302</b>
<b>W389</b>	<b>1969</b>	<b>2009</b>					<b>0,30</b>	<b>0,301</b>
W535	1964	2009					0,40	0,395
W628	1957	2009				0,37	0,34	0,409
<b>W739</b>	<b>1930</b>	<b>2009</b>			<b>0,35</b>	<b>0,42</b>	<b>0,30</b>	<b>0,265</b>
<b>X229</b>	<b>1961</b>	<b>2009</b>					<b>0,30</b>	<b>0,296</b>
X361	1969	2009					0,31	0,368
X409	1917	2009		0,50	0,45	0,36	0,34	0,386
X914	1927	2009			0,52	0,51	0,36	0,451
Z390	1912	2009		0,41	0,40	0,34	0,32	0,358
Média			0,36	0,48	0,46	0,40	0,37	0,384

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

As cronologias geradas para o cedro em Três Barras estão entre as menores geradas para a espécie, ficando atrás somente das cronologias elaboradas para o cedro de São Francisco de Paula. Nas FIGURAS 57 e 58 podem ser observadas as cronologias geradas, respectivamente, pelos software COFECHA e ARSTAN.

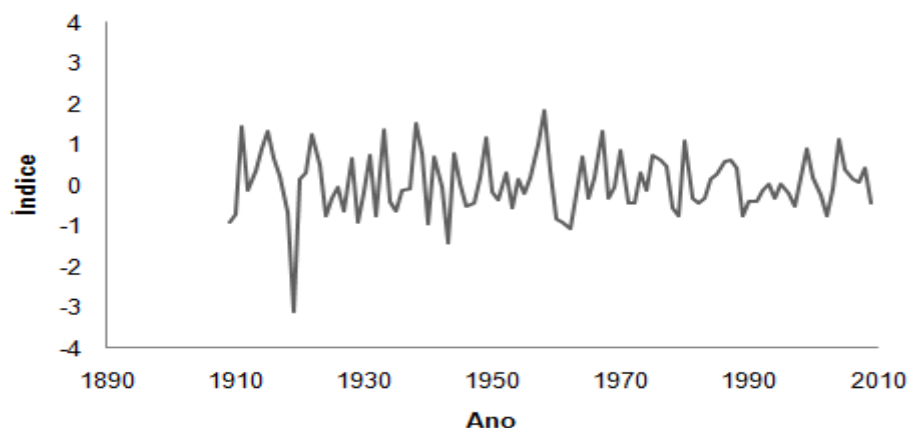


FIGURA57 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

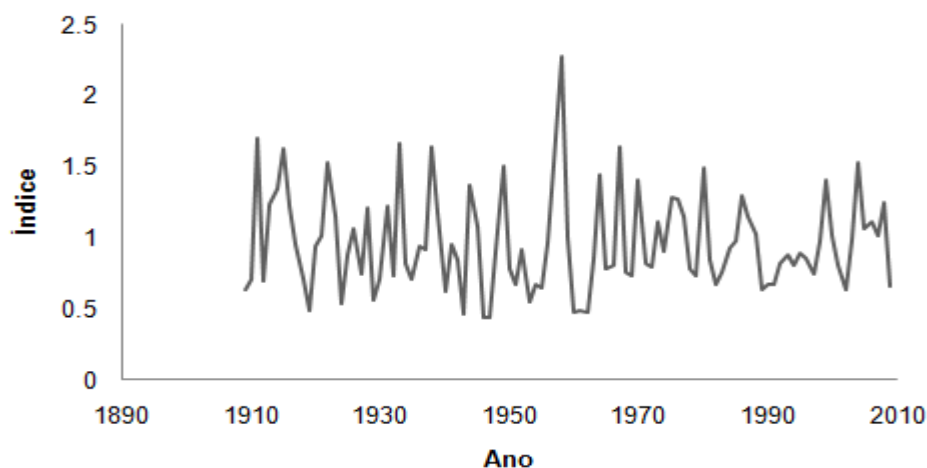


FIGURA58 -SÉRIE MÁSTER DE *C. fissilis* AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Com a observação das cronologias geradas para o cedro de Três Barras, percebe-se que os grandes picos, tanto de alto como de baixo crescimento encontram-se constantemente até o começo da segunda metade do século 20, não sendo visualizados grandes picos nos últimos 30 anos para o cedro em Três Barras. Dentre os anos de alto crescimento, pode-se destacar os de 1911, 1915, 1922, 1933, 1938, 1958, 1967 e os de baixo crescimento como 1919, 1943 e 1962.

### 5.9.3. *Ocotea porosa*

A partir deste sub-tópico, serão apresentadas as análises dendrocronológicas para as imbuías coletadas nos quatro dos seis locais amostrados onde a espécie ocorre.

Na TABELA 45 observa-se a correlação dos segmentos e a correlação de cada série com a máster, elaboradas no software COFECHA.

TABELA45 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *O. porosa* AMOSTRADA EM CAÇADOR.

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos									Correlação da série com a Máster
			1775	1800	1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975	
			1824	1849	1874	1899	1924	1949	1974	1999	2009	
P01-13	1779	2009	0,36	0,38	0,43	0,40	0,34	0,48	0,33	0,34	0,55	0,405
P01-19	1782	2009	0,45	0,41	0,40	0,50	0,59	0,55	0,45	0,38	0,37	0,461
P01-30	1827	2009			0,45	0,46	0,42	0,55	0,49	0,41	0,51	0,461
P01-31	1725	2009	0,38	0,36	0,42	0,38	0,35	0,63	0,61	0,45	0,57	0,436
P02-40	1866	2009				0,54	0,41	0,52	0,47	0,45	0,43	0,431
P03-14	1846	2009			0,39	0,41	0,52	0,68	0,47	0,31	0,37	0,440
P03-17	1866	2009				0,50	0,49	0,36	0,41	0,45	0,41	0,381
P03-18	1873	2009				0,36	0,35	0,51	0,43	0,34	0,37	0,338
P03-20	1836	2009			0,43	0,50	0,40	0,42	0,38	0,44	0,55	0,472
P03-25	1866	2009				0,48	0,49	0,61	0,53	0,42	0,39	0,451
P03-44	1887	2009					0,50	0,43	0,43	0,38	0,44	0,447
P03-45	1899	2009					0,40	0,39	0,38	0,33	0,44	0,400
P03-49	1869	2009				0,44	0,45	0,54	0,58	0,34	0,39	0,462
P03-51	1844	2009			0,72	0,76	0,79	0,68	0,55	0,60	0,62	0,663
P03-53	1823	2009		0,38	0,39	0,43	0,41	0,37	0,35	0,46	0,39	0,352
P03-54	1844	2009			0,37	0,37	0,37	0,37	0,40	0,41	0,36	0,384
P04-33	1893	2009					0,49	0,49	0,48	0,44	0,45	0,415
<b>P04-44</b>	<b>1811</b>	<b>2009</b>		<b>0,39</b>	<b>0,25</b>	<b>0,26</b>	<b>0,14</b>	<b>0,26</b>	<b>0,15</b>	<b>0,25</b>	<b>0,38</b>	<b>0,265</b>
P05-03	1788	2009	0,51	0,43	0,38	0,46	0,41	0,50	0,44	0,36	0,34	0,456
P05-05	1855	2009				0,33	0,35	0,58	0,47	0,37	0,36	0,375
P05-15	1799	2009	0,44	0,42	0,39	0,37	0,34	0,46	0,39	0,41	0,42	0,384
P05-47	1934	2009							0,39	0,41	0,44	0,374
P05-50	1873	2009				0,51	0,51	0,43	0,34	0,52	0,46	0,466
P05-55	1842	2009			0,38	0,37	0,49	0,62	0,44	0,42	0,40	0,413
P05-63	1818	2009		0,38	0,39	0,44	0,45	0,53	0,34	0,34	0,34	0,367
P05-68	1888	2009					0,54	0,50	0,33	0,52	0,47	0,440
P06-04	1858	2009				0,46	0,55	0,44	0,40	0,35	0,31	0,401
P06-14	1886	2009					0,44	0,36	0,43	0,35	0,41	0,404
P06-17	1881	2009					0,43	0,52	0,47	0,39	0,36	0,389
P06-26	1826	2009			0,39	0,42	0,51	0,54	0,49	0,35	0,30	0,410
Média			0,43	0,38	0,40	0,43	0,44	0,49	0,43	0,38	0,41	0,418

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

As imbuías de Caçador apresentaram correlações médias entre os segmentos superiores aos valores críticos, variando de 0,38 a 0,49, sendo possível verificar

somente uma série com correlação não significativa com a máster, que foi descartada das análises subsequentes. Com a exclusão desta série não significativa, a correlação com a máster passou de 0,418 para 0,424.

As imbuías de Caçador foram as que apresentaram as maiores idades dentre todas as espécies estudadas nesta pesquisa nos seis diferentes locais do sul do Brasil. Portanto, as cronologias geradas pelos software COFECHA e ARSTAN (FIGURAS 59 e 60 respectivamente) são as mais longas de todos os locais.

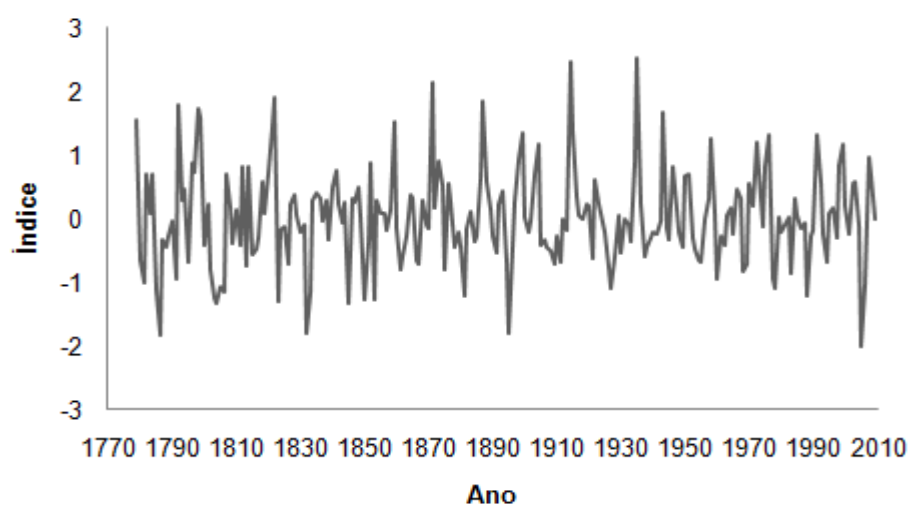


FIGURA59 -SÉRIE MÁSTER DE *O. porosa* AMOSTRADAS EM CAÇADOR ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

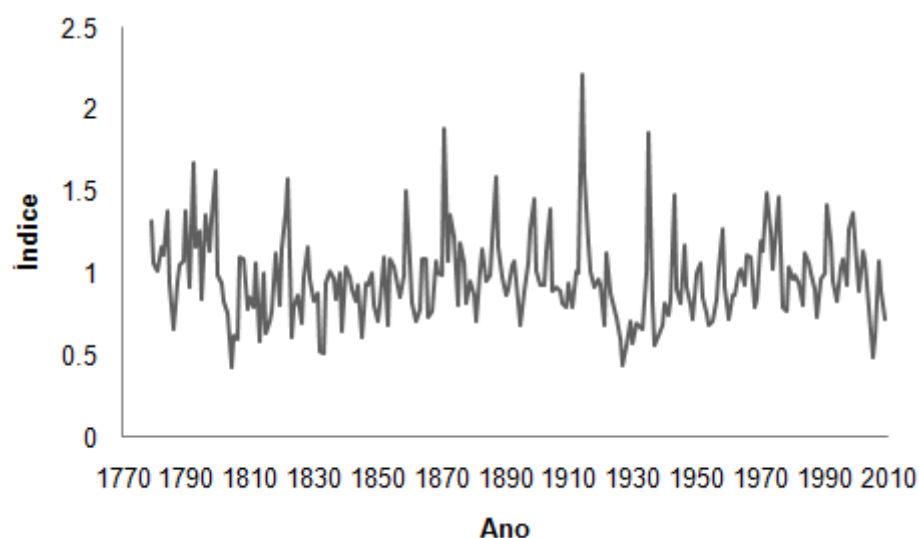


FIGURA60 - SÉRIE MÁSTER DE *O. porosa* AMOSTRADAS EM CAÇADOR CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Com a observação e análise das cronologias geradas para a imbuia de Caçador, devido ao fato de serem as séries mais longas que foram amostradas, pode-se observar um grande número de picos de crescimento alto, como os anos de 1779, 1792, 1798, 1799, 1822, 1859, 1871, 1887, 1914, 1935, 1943, e em menor quantidade de crescimento baixo, como 1786, 1804, 1832, 1845, 1895, 2005. Observa-se que após a metade do século 20, ocorreram poucos picos de crescimento tanto baixos como altos, com a exceção do ano de 2005 que teve um pico de crescimento baixo. Estes picos de crescimento altos e baixos ocorridos nos séculos 18, 19 e primeira metade do século 20 podem estar associados a eventos climáticos ocorridos na época ou mesmo serem reflexo de uma exploração seletiva ocorrida no passado, onde a interferência antrópica, com a abertura de clareiras na floresta pode ter ocasionado a liberação do crescimento (gerando picos de alto crescimento nos anos seguintes) ou mesmo o impacto da interferência do corte, como a quebra de galhos, avarias no fuste das árvores remanescentes (causando picos de crescimento baixo nos anos seguintes).

Na TABELA 46 podem ser visualizadas as correlações dos segmentos das séries de imbuia amostradas em Irati e processadas no software COFECHA.

As análises realizadas com as imbuias de Irati refletem a mesma tendência observada na análise das outras espécies nas outras localidades, onde foi possível perceber a presença de cinco séries não significativas, as quais foram excluídas das próximas análises causando um aumento da correlação média das séries remanescentes com a máster de 0,403 para 0,428.

Pelo fato de a imbuia ser uma espécie longeva, e associado ao grau elevado de conservação da floresta, as imbuias de Irati apresentam idades bastante elevadas, sendo inferiores somente para as encontradas em Caçador, mas, neste caso, podendo-se obter uma cronologia com mais de duas repetições desde o ano de 1842.

TABELA46 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *O. porosa* AMOSTRADA EM IRATI.

Séries Nº	Amplitude	Correlação dos Segmentos								Correlação da série com a Máster
		1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975		
		1874	1899	1924	1949	1974	1999	2009		
B03-358	1891	2009			0,60	0,46	0,25	0,31	0,28	0,337
B05-310	1945	2009					0,41	0,36	0,37	0,409
B04-148	1896	2009			0,45	0,40	0,17	0,54	0,63	0,454
B04-319	1908	2009				0,69	0,49	0,48	0,51	0,432
<b>B05-15</b>	<b>1822</b>	<b>2009</b>	<b>0,19</b>	<b>0,03</b>	<b>0,34</b>	<b>0,59</b>	<b>0,57</b>	<b>0,47</b>	<b>0,39</b>	<b>0,286</b>
B12-28	1869	2009		0,30	0,38	0,61	0,49	0,49	0,53	0,470
B12-119	1913	2009				0,60	0,46	0,37	0,39	0,337
B12-154	1942	2009					0,33	0,33	0,42	0,390
B12-155	1944	2009					0,49	0,46	0,52	0,337
<b>B12-205</b>	<b>1958</b>	<b>2009</b>						<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,243</b>
<b>B12-256</b>	<b>1941</b>	<b>2009</b>					<b>0,55</b>	<b>0,47</b>	<b>0,51</b>	<b>0,288</b>
B12-258	1945	2009					0,45	0,38	0,48	0,527
B12-360	1921	2009				0,45	0,38	0,36	0,41	0,442
B12-466	1864	2009		0,46	0,50	0,58	0,41	0,43	0,39	0,392
B12-581	1842	2009	0,43	0,41	0,5	0,48	0,41	0,37	0,42	0,348
B12-619	1900	2009				0,55	0,48	0,53	0,52	0,456
B13-129	1944	2009					0,43	0,43	0,46	0,454
B13-416	1842	2009	0,74	0,73	0,75	0,74	0,45	0,45	0,47	0,650
B13-480	1931	2009					0,33	0,43	0,61	0,329
B14-434	1892	2009			0,68	0,66	0,43	0,46	0,47	0,485
<b>B15-235</b>	<b>1855</b>	<b>2009</b>		<b>0,34</b>	<b>0,37</b>	<b>0,45</b>	<b>0,33</b>	<b>0,42</b>	<b>0,41</b>	<b>0,271</b>
B16-689	1939	2009					0,78	0,78	0,79	0,761
B19-230	1962	2009							0,47	0,393
B19-232	1962	2009							0,55	0,384
B19-440	1939	2009					0,36	0,46	0,53	0,397
B19-686	1932	2009					0,34	0,39	0,48	0,396
<b>B19-707</b>	<b>1933</b>	<b>2009</b>					<b>0,38</b>	<b>0,30</b>	<b>0,35</b>	<b>0,281</b>
B22-179	1915	2009				0,59	0,49	0,53	0,56	0,404
B23-22	1944	2009					0,45	0,42	0,50	0,328
B23-138	1873	2009		0,36	0,32	0,58	0,54	0,52	0,46	0,352
Média			0,45	0,38	0,49	0,56	0,43	0,45	0,48	0,403

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

Nas FIGURAS 61 e 62 podem ser visualizadas, respectivamente, as cronologias geradas pelos software COFECHA e ARSTAN.

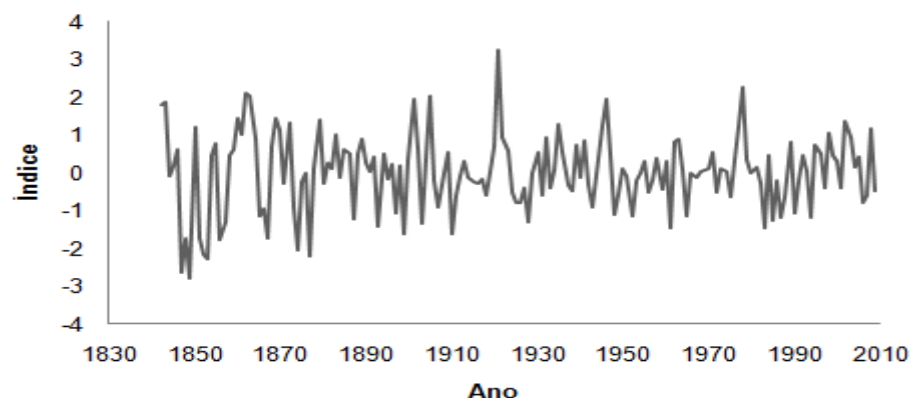


FIGURA61 -SÉRIE MÁSTER DE *O. porosa* AMOSTRADAS EM IRATI ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

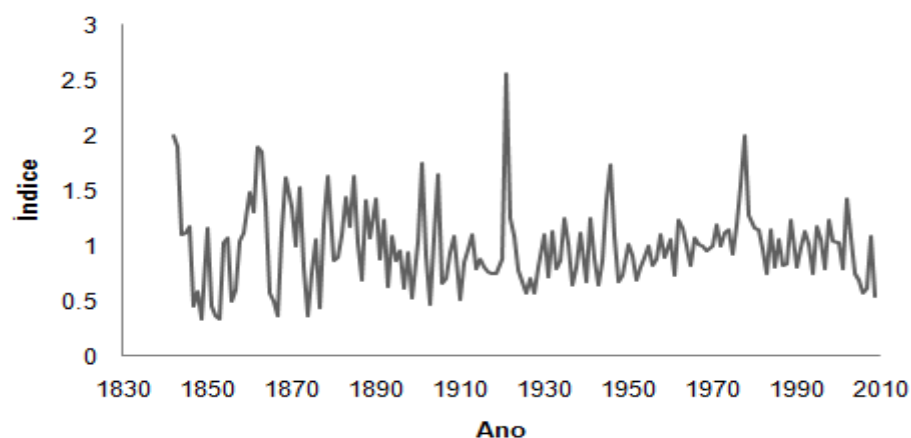


FIGURA62 - SÉRIE MÁSTER DE *O. porosa* AMOSTRADAS EM IRATI CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Dentre os anos observados nas cronologias, que podem ser considerados indicadores do crescimento, destacam-se 1843, 1862, 1901, 1905, 1921, 1946, 1978 como característicos de crescimento alto e 1847, 1849, 1853, 1856, 1867, 1874, 1877, 1899, 1910 como característicos de crescimento baixo. De todos os relatados, dois deles podem ser observados em maior destaque como o de 1849, como o menor pico de crescimento baixo, e o de 1921, como o maior pico de crescimento alto, sendo anos importantes para estudos futuros da mesma espécie na mesma região onde se poderá observar sua presença ou não.

A análise realizada para as Imbuías de São João do Triunfo pode ser observada detalhadamente, com as correlações dos segmento e da série máster, na TABELA 47.

TABELA47 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *O. porosa* AMOSTRADA EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO.

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos							Correlação da série com a Máster
			1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975	
			1874	1899	1924	1949	1974	1999	2009	
P06-02	1934	2009					0,44	0,38	0,45	0,414
<b>P06-309</b>	<b>1933</b>	<b>2009</b>					<b>0,45</b>	<b>0,45</b>	<b>0,49</b>	<b>0,301</b>
P06-373	1951	2009						0,59	0,65	0,364
P06-377	1851	2009		0,45	0,58	0,39	0,54	0,60	0,57	0,421
P11-01	1867	2009		0,47	0,41	0,40	0,55	0,60	0,60	0,437
P11-02	1906	2009				0,32	0,41	0,45	0,48	0,398
P11-03	1926	2009					0,40	0,54	0,63	0,424
P11-04	1897	2009			0,44	0,42	0,46	0,44	0,53	0,328
P12-01	1900	2009				0,52	0,56	0,61	0,70	0,521
P12-02	1847	2009	0,55	0,56	0,63	0,72	0,71	0,75	0,79	0,648
P12-03	1918	2009				0,57	0,54	0,37	0,41	0,395
P14-295	1926	2009					0,54	0,51	0,56	0,502
P16-120	1909	2009				0,53	0,50	0,39	0,40	0,329
P16-334	1910	2009				0,41	0,41	0,35	0,43	0,409
<b>P16-520</b>	<b>1929</b>	<b>2009</b>					<b>0,41</b>	<b>0,41</b>	<b>0,37</b>	<b>0,301</b>
P16-545	1909	2009				0,48	0,54	0,56	0,54	0,350
P16-551	1909	2009				0,41	0,41	0,33	0,35	0,368
P16-558	1902	2009				0,48	0,51	0,55	0,62	0,433
P28-47	1920	2009				0,44	0,48	0,59	0,64	0,437
P28-54	1919	2009				0,45	0,51	0,34	0,39	0,405
<b>P28-61</b>	<b>1921</b>	<b>2009</b>				<b>0,36</b>	<b>0,29</b>	<b>0,32</b>	<b>0,41</b>	<b>0,238</b>
P28-150	1908	2009				0,55	0,46	0,35	0,38	0,504
P28-179	1911	2009				0,58	0,36	0,55	0,52	0,433
P28-229	1896	2009			0,54	0,48	0,45	0,42	0,54	0,384
P28-232	1907	2009				0,44	0,44	0,39	0,43	0,416
P28-246	1912	2009				0,37	0,47	0,48	0,53	0,424
P28-440	1912	2009				0,43	0,43	0,37	0,53	0,347
P28-520	1795	2009	0,35	0,36	0,40	0,38	0,33	0,44	0,56	0,334
P29-01	1909	2009				0,67	0,67	0,42	0,41	0,439
<b>P29-02</b>	<b>1909</b>	<b>2009</b>				<b>0,39</b>	<b>0,34</b>	<b>0,44</b>	<b>0,43</b>	<b>0,267</b>
	Média		0,45	0,46	0,50	0,47	0,47	0,47	0,51	0,405

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

A presença de séries não significativas no conjunto de amostras das imbuías de São João do Triunfo foi verificada (quatro séries), porém em menor número em relação a Irati (cinco séries). Com a exclusão das séries não significativas, assim como nas demais análises, acontece um aumento da correlação média das séries com a máster de 0,405 para 0,420. Também foi possível verificar que as médias de todos os segmentos das séries apresentam correlações superiores ao valor crítico variando de 0,46 a 0,51.

Assim como em Irati e Caçador, as imbuías de São João do Triunfo apresentam séries bastantes longas, com o ano mais distante e com mais de duas



repetições sendo o de 1847. Demonstra-se, assim, o bom estado de conservação da floresta, que possibilitou a construção de uma cronologia com informações do crescimento das árvores de mais de 160 anos.

As cronologias geradas pelos software COFECHA e ARSTAN para as imbuías de São João do Triunfo podem ser observadas respectivamente nas FIGURAS 63 e 64.

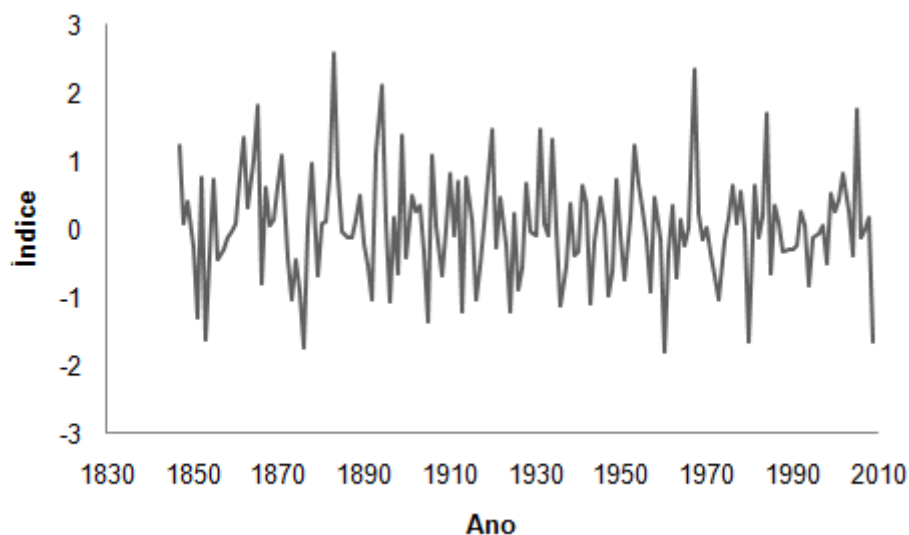


FIGURA63 -SÉRIE MÁSTER DE *O. porosa* AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

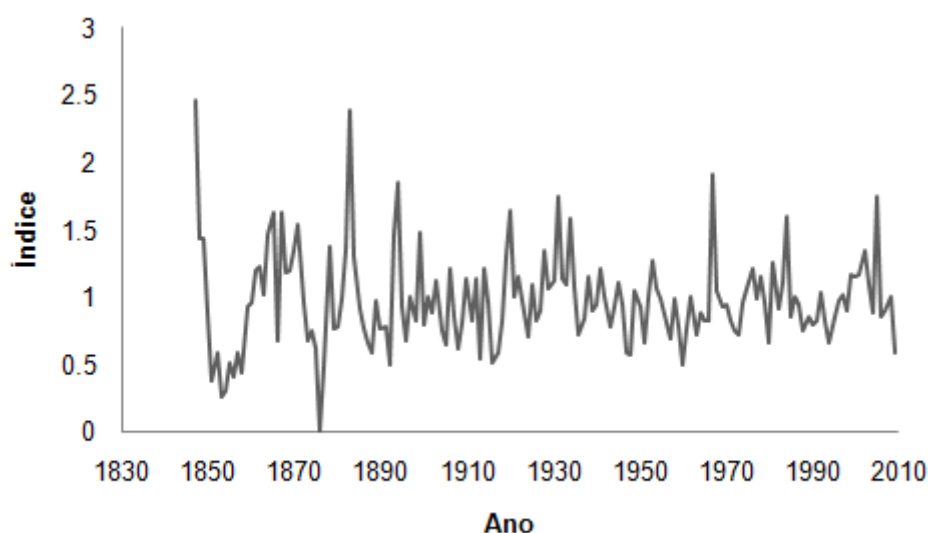


FIGURA64 -SÉRIE MÁSTER DE *O. porosa* AMOSTRADAS EM SÃO JOÃO DO TRIUNFO CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Analisando-se as cronologias da imbuia de São João do Triunfo, foi possível observar que os anos 1862, 1865, 1883, 1899, 1920, 1931, 1934, 1967, 1984, 2005 foram característicos de crescimento alto, enquanto os anos de 1851, 1853, 1876, 1905, 1960, 1980, 2009, foram caracterizados por baixo crescimento. No final do século 19 foi possível observar a presença de três grandes picos nos anos de 1862, 1876 (crescimento baixo) e 1883 (crescimento alto). Em comparação com as outras cronologias de imbuia dos demais locais, neste caso, foi possível observar a presença mais frequente de anos característicos de crescimento no final do século 20 e início do século 21, como por exemplo, 1984 e 2005 (crescimento alto) e 1980 e 2004 (crescimento baixo).

Já as correlações dos segmentos das séries da imbuia de Três Barras, bem como a correlação de cada série com a cronologia máster, podem ser observadas na TABELA 48.

Dentre os demais locais onde foram coletadas as amostras de imbuia, as amostradas em Três Barras foram as que apresentaram o maior número de séries com correlações não significativas com a cronologia máster gerada (10 séries). Porém, assim como nos demais locais, com a exclusão das que apresentaram correlações inferior ao limite crítico, a correlação média de todas as amostras significativas passou de 0,381 para 0,443.

Foi possível verificar, também, um menor intervalo de tempo abrangido pelas cronologias, sendo o ano mais distante com repetição de mais de duas amostras o de 1924. Esta informação, associada ao maior número de amostras descartadas em relação aos outros locais, indica haver um maior número de indivíduos jovens e suprimidos de imbuia na floresta, indicando um período mais próximo de uma intervenção passada e um menor estado de conservação da floresta.

TABELA48 -NÚMERO DAS ÁRVORES, AMPLITUDE DOS ANOS DE CADA ÁRVORE, CORRELAÇÃO DOS SEGMENTOS DAS SÉRIES INDIVIDUAIS COM OS SEGMENTOS DA SÉRIE MÁSTER E CORRELAÇÃO DAS SÉRIES COM A MÁSTER PARA *O. porosa* AMOSTRADA EM TRÊS BARRAS.

Séries Nº	Amplitude		Correlação dos Segmentos				Correlação da série com a Máster
			1900	1925	1950	1975	
			1949	1974	1999	2009	
A36	1936	2009		0,41	0,37	0,34	0,383
A77	1943	2009		0,25	0,24	0,27	0,414
A87	1947	2009		0,56	0,47	0,58	0,450
A115	1956	2009			0,51	0,55	0,368
A227	1924	2009	0,37	0,38	0,47	0,49	0,352
<b>A246</b>	<b>1962</b>	<b>2009</b>				<b>0,39</b>	<b>0,191</b>
A280	1934	2009		0,44	0,47	0,43	0,426
A475	1944	2009		0,55	0,52	0,48	0,475
A541	1962	2009				0,40	0,406
A570	1957	2009			0,37	0,44	0,409
<b>A591</b>	<b>1946</b>	<b>2009</b>		<b>0,53</b>	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>	<b>0,276</b>
<b>A669</b>	<b>1972</b>	<b>2009</b>				<b>0,38</b>	<b>0,215</b>
<b>A677</b>	<b>1961</b>	<b>2009</b>				<b>0,37</b>	<b>0,307</b>
A685	1961	2009				0,37	0,375
A716	1940	2009		0,51	0,61	0,68	0,558
A745	1946	2009		0,59	0,55	0,62	0,514
<b>A794</b>	<b>1935</b>	<b>2009</b>		<b>0,58</b>	<b>0,45</b>	<b>0,41</b>	<b>0,292</b>
A896	1916	2009	0,51	0,52	0,73	0,77	0,574
M439	1959	2009			0,49	0,49	0,473
M568	1962	2009				0,54	0,451
P464	1954	2009			0,66	0,62	0,429
T278	1933	2009		0,46	0,46	0,44	0,408
<b>U292</b>	<b>1943</b>	<b>2009</b>		<b>0,27</b>	<b>0,22</b>	<b>0,21</b>	<b>0,162</b>
U774	1973	2009				0,35	0,351
<b>V09</b>	<b>1961</b>	<b>2009</b>				<b>0,36</b>	<b>0,239</b>
<b>V27</b>	<b>1964</b>	<b>2009</b>				<b>0,45</b>	<b>0,226</b>
V87	1965	2009				0,36	0,362
<b>V209</b>	<b>1974</b>	<b>2009</b>				<b>0,22</b>	<b>0,214</b>
<b>V277</b>	<b>1962</b>	<b>2009</b>				<b>0,33</b>	<b>0,274</b>
V393	1948	2009		0,46	0,44	0,53	0,503
	Média		0,44	0,46	0,44	0,49	0,381

\*Negrito= inferior ao valor crítico de 0,3281 a 1%

As cronologias resultantes da análise realizada nos software COFECHA e ARSTAN, para as imbuías de Três Barras, podem ser observadas, respectivamente, nas FIGURAS 65 e 66.

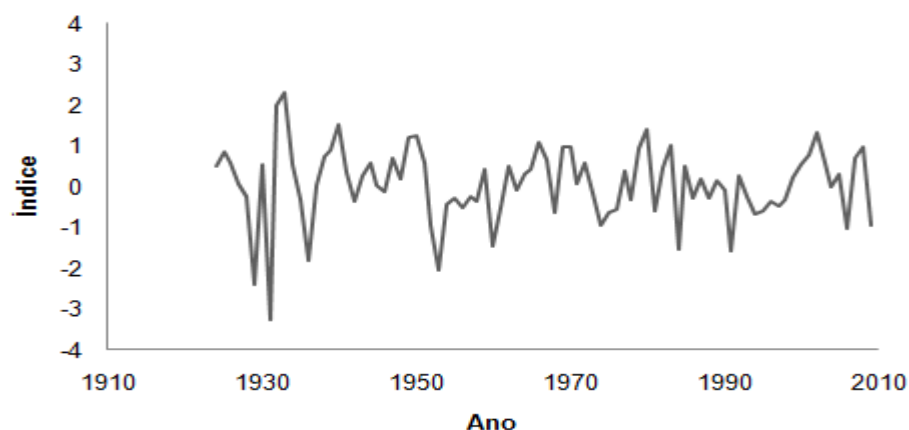


FIGURA65 -SÉRIE MÁSTER DE *O. porosa* AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS ELABORADA SOMENTE COM AS SÉRIES SIGNIFICATIVAS PELO SOFTWARE COFECHA.

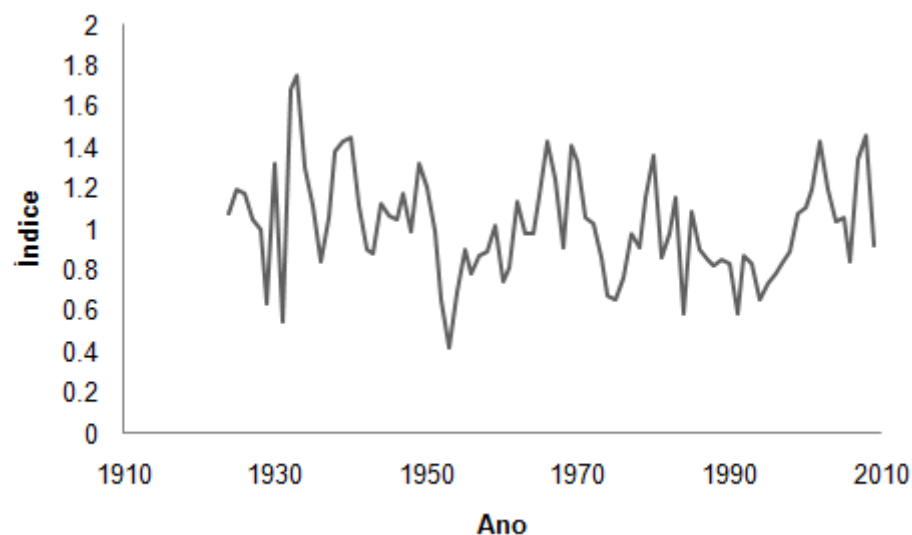


FIGURA66 -SÉRIE MÁSTER DE *O. porosa* AMOSTRADAS EM TRÊS BARRAS CONSTRUÍDA E INDEXADA PELO SOFTWARE ARSTAN.

Analisando-se as FIGURAS 65 e 66, observou-se os anos de 1933, 1940, 1950, 1966, 1980, 2002 como característicos de crescimento alto e os anos de 1929, 1931, 1936, 1953, 1960, 1984, 1991, 2006 como de crescimento baixo, sendo os maiores picos, tanto alto como baixo, encontrados próximos dos anos da década de 1930 (1933 e 1929, respectivamente).

## 5.10. CORRELAÇÃO ENTRE CRONOLOGIAS

As comparações das cronologias máster das diferentes populações permite verificar a existência de sinal comum de crescimento das espécies nas diferentes regiões (ALVARADO, 2009). Os coeficientes de correlação das cronologias máster da araucária, cedro e imbuia podem ser observadas respectivamente nas TABELAS 49, 50 e 51.

TABELA49 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS CRONOLOGIAS MÁSTER DE *A. andustifolia* DOS DIFERENTES LOCAIS.

	Caçador	Chapecó	Irati	São Francisco de Paula	São João do Triunfo	Três Barras
Caçador	1					
Chapecó	0,233**	1				
Irati	0,102	-0,246**	1			
São Francisco de Paula	0,209**	0,119	0,087	1		
São João do Triunfo	-0,034	0,192**	0,151*	0,021	1	
Três Barras	-0,111	-0,121	-0,009	0,031	-0,154*	1

\*Significativo a 5% (0,145); \*\* Significativo a 1% (0,186)

TABELA50 -COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS CRONOLOGIAS MÁSTER DE *C. fissilis* DOS DIFERENTES LOCAIS.

	Caçador	Chapecó	Irati	São Francisco de Paula	São João do Triunfo	Três Barras
Caçador	1					
Chapecó	-0,104	1				
Irati	-0,042	-0,059	1			
São Francisco de Paula	-0,129	-0,112	0,028	1		
São João do Triunfo	0,017	-0,016	-0,002	-0,026	1	
Três Barras	0,077	0,090	-0,047	-0,134	0,176	1

\*Significativo a 5% (0,202); \*\* Significativo a 1% (0,266)

TABELA51 -COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS CRONOLOGIAS MÁSTER DE *O. porosa* DOS DIFERENTES LOCAIS.

	Caçador	Irati	São João do Triunfo	Três Barras
Caçador	1			
Irati	0,042	1		
São João do Triunfo	0,008	0,056	1	
Três Barras	-0,131	0,046	0,062	1

\*Significativo a 5% (0,146); \*\* Significativo a 1% (0,187)

Observa-se que somente a araucária apresenta correlação significativa em alguns locais conforme a TABELA 49. As correlações não significativas da araucária

e todas as observadas no cedro e imbuia, podem indicar que o crescimento foi diferenciado devido às condições de cada sítio, podendo ser de natureza edáfica, topográfica, climática, competição etc. Este mesmo comportamento foi verificado por Alvarado (2009), comparando as cronologias de mogno de dois diferentes locais do Peru, em que observou uma correlação não significativa de 0,15 entre as séries dos dois locais.

#### 5.11. CORRELAÇÃO DO CRESCIMENTO COM DADOS CLIMÁTICOS

A correlação do crescimento em diâmetro dos seis locais onde as amostras foram coletadas está apresentada nos tópicos a seguir. Também é possível observar se as correlações obtidas apresentam significância a 5 e a 1%. Nas FIGURAS 67 e 68 podem ser visualizados, respectivamente, os registros das temperaturas médias anuais (máxima, média e mínima) e a precipitação total anual obtidas nas estações meteorológicas mais próximas às áreas de pesquisa.

Pelas FIGURAS 67 e 68 percebe-se que os valores das temperaturas registradas ao longo dos anos, independentemente da quantidade de anos em que se tem no registro, distribuem-se de forma regular com poucos picos de aumento ou diminuição da temperatura ao longo dos anos, exceto para os dados de São Francisco de Paula (estação meteorológica de Bom Jesus-RS) onde as curvas das temperaturas apresentam-se mais distorcidas, indicando anos com temperaturas mais acentuadas como 1968 e 2001 e com baixas temperaturas como por exemplo 1962, 1975, 1983, 1998 e 2008. De maneira geral as temperaturas, mínimas, máximas e médias de todas as estações de que se tem registro, apresentam médias e comportamentos semelhantes.

Em relação à precipitação, diferentemente do que se observou para a temperatura, ocorrem vários picos de elevados e baixos valores de chuvas ao longo dos anos.

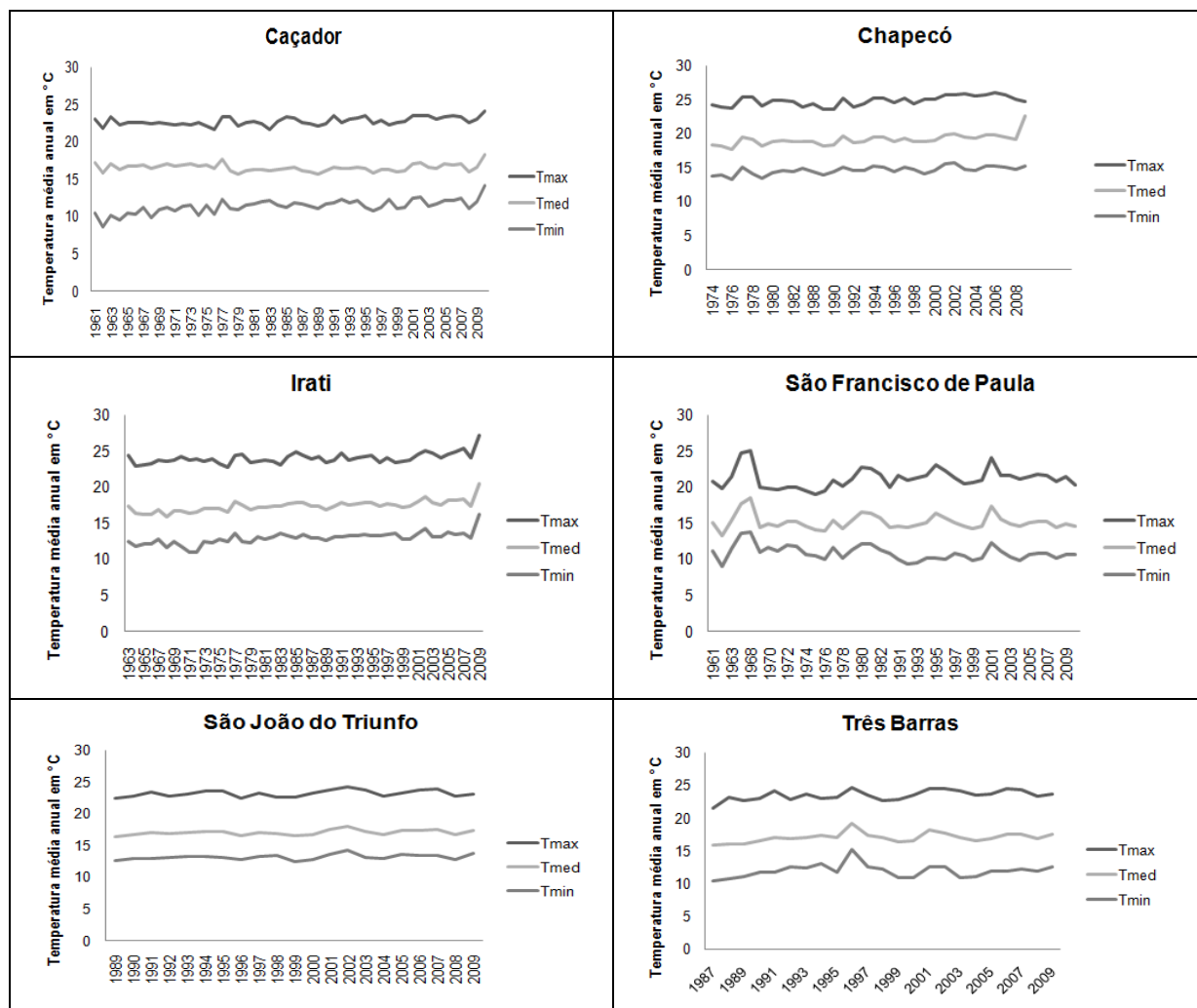


FIGURA67 -REGISTRO DAS TEMPERATURAS MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, DAS ESTAÇÕES MAIS PRÓXIMAS DO LOCAL DE PESQUISA.

Em estações com registros mais antigos, pode-se observar que o ano com maior precipitação registrado foi o de 1983 nas estações de Irati, Caçador, Chapecó e 1969 para a estação mais próxima a São Francisco de Paula sendo o ano de 1983 o com o segundo maior registro. Nos estados do Paraná e Santa Catarina, o ano de 1983 foi marcado por apresentar grandes chuvas e grandes enchentes, sendo verificada a maior cheia registrada no rio Iguaçu, em julho de 1983, quando o rio apresentou uma vazão de 28.700 m<sup>3</sup>/s (ICMBIO, 2011).

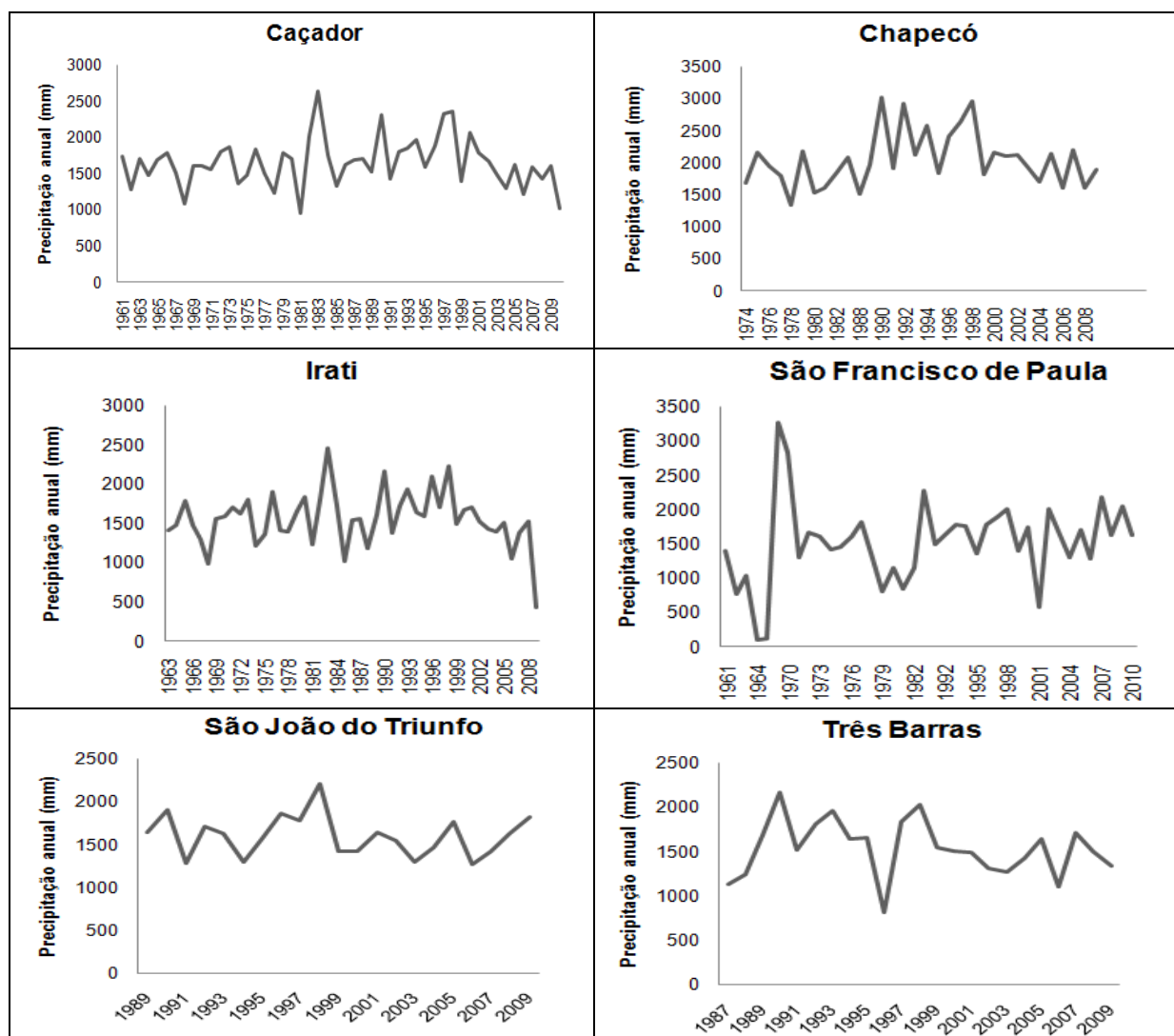


FIGURA68 -REGISTROS DA PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS MAIS PRÓXIMAS DAS ÁREAS DE PESQUISA.

#### 5.11.1. *Araucaria angustifolia*

Observa-se na TABELA 52 a correlação dos parâmetros meteorológicos (temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e precipitação) com a média do crescimento de todas as araucárias em cada local amostrado.

A correlação do crescimento da araucária com os parâmetros meteorológicos mostrou-se muito variável entre os locais, porém, em todos eles, a maioria correlacionou-se de maneira negativa com os valores de incremento, demonstrando que os dados meteorológicos em questão influenciaram inversamente o crescimento médio das árvores.



TABELA52 -CORRELAÇÃO DO CRESCIMENTO DE *A. angustifolia* COM PARÂMETROS METEOROLÓGICOS.

Caçador - SC					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,4696	1			
Tmin	0,4740	0,2406	1		
Precipitação	-0,1444	-0,1018	0,2868	1	
Incremento	-0,4087*	-0,1512 <sup>ns</sup>	-0,3603*	-0,0905 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,324; **Valor crítico a 1%=0,422.</b>					
Chapecó - SC					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,8999	1			
Tmin	0,6565	0,8254	1		
Precipitação	-0,1370	0,0829	0,1427	1	
Incremento	-0,0289 <sup>ns</sup>	0,0740 <sup>ns</sup>	0,0771 <sup>ns</sup>	0,2041 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,35; **Valor crítico a 1%=0,45.</b>					
Iratí - PR					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,7455	1			
Tmin	0,4443	0,8808	1		
Precipitação	-0,3149	0,1012	0,2416	1	
Incremento	-0,4586**	-0,7769**	-0,7569**	-0,1575 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,315; **Valor crítico a 1%=0,41.</b>					
São Francisco de Paula - RS					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,0901	1			
Tmin	0,0383	-0,1261	1		
Precipitação	-0,0470	-0,3545	0,1894	1	
Incremento	-0,4255*	0,1548 <sup>ns</sup>	0,2175 <sup>ns</sup>	-0,3088*	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,39; **Valor crítico a 1%=0,498.</b>					
São João do Triunfo – PR					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,8507	1			
Tmin	0,6314	0,9334	1		
Precipitação	-0,0671	0,2724	0,4471	1	
Incremento	-0,3373 <sup>ns</sup>	-0,3860 <sup>ns</sup>	-0,4327*	0,1485 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,43; **Valor crítico a 1%=0,55.</b>					
Três Barras – SC					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,8011	1			
Tmin	0,5503	0,8782	1		
Precipitação	-0,6059	-0,5328	-0,1806	1	
Incremento	-0,4945*	-0,4383*	-0,1888 <sup>ns</sup>	0,3950 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,428; **Valor crítico a 1%=0,55.</b>					

Tmax = Média anual da temperatura máxima; Tmed = Média anual da temperatura média; Tmin= Média anual da temperatura mínima; Precipitação = Precipitação total anual; Incremento = Incremento médio anual em diâmetro de todas as árvores amostradas da espécie.

Foi possível também verificar a significância estatística da correlação dos parâmetros a 5 e a 1% de probabilidade, sendo observado que a correlação do incremento das araucárias de Chapecó com os dados climáticos não apresentam significância em nenhum dos parâmetros.

São Francisco de Paula foi o único local em que se obteve uma correlação significativa entre o crescimento e a precipitação. Neste caso, anos muito chuvosos influenciaram negativamente o crescimento das árvores de araucária neste local, muitas vezes atreladas as baixas temperaturas que ocorrem na região, os anos com temperaturas baixas e com grande precipitação tendem a serem influenciados como de baixo crescimento.

As maiores correlações foram observadas em Irati, sendo significativas a 1% com os registros de temperatura máxima, média e mínima. Estes altos valores podem estar relacionados com a distância da estação meteorológica do local onde foram coletadas as amostras de incremento, que, neste caso, não ultrapassa 2 km em linha reta aproximadamente, sendo a estação mais próxima do local de coleta entre todas as demais localidades.

Algumas pesquisas investigaram a correlação do crescimento das árvores com registros meteorológicos e encontraram, em alguns casos, valores próximos aos obtidos neste trabalho. Devall et al.(1998), realizaram estudo dendroecológico de *Fitzroya cupressoides* e *Nothofagus nitida* em dois locais da Cordillera Pelada no Chile, onde também pesquisaram a correlação do crescimento com registros climáticos. Foi possível observar que em um dos dois locais, em que a altitude é de 900 m, o crescimento é fracamente correlacionado com a temperatura e a precipitação e, em La Unión (ao nível do mar) estes parâmetros são altamente correlacionados com o crescimento.

Figueiredo Filho et al. (2006) avaliaram o incremento sazonal e anual em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas instaladas em 199 árvores de 16 espécies de uma Floresta Ombrófila Mista, localizada na Floresta Nacional de Irati. A relação entre o crescimento sazonal em diâmetro com a precipitação, média das temperaturas mínima, média e máxima também foi avaliada por espécie e para o total. O incremento sazonal em diâmetro por espécie foi fortemente correlacionado com as médias das temperaturas mínima, média e máxima com correlações (r) variando de 0,46 a 0,87. A precipitação também está correlacionada com o incremento, mas menos intensamente. Neste caso as correlações (r) variaram de 0,07 a 0,74.

Oliveira et al. (2007) determinaram o ritmo da atividade cambial para a *Araucaria angustifolia* localizada em São Francisco de Paula – RS com cintas dendrométricas, tendo-se, adicionalmente, observado que há correlação positiva com a temperatura média ( $r = 0,68$ ), mas não com a precipitação total ( $r = -0,10$ ).

Koehler et al. (2009), ao correlacionar o IMA do volume de um plantio de *Araucaria angustifolia* com mais de 65 anos localizado na Flona de Irati, com os dados climáticos, verificaram que o incremento está mais altamente correlacionado com a temperatura média (0,5) e mínima (0,47) e possui menor correlação com a precipitação (0,24).

Spathelf et al. (2010) realizaram um estudo dendrocronológico de *Ocotea pulchella* e *Nectandra megapotamica* em dois sites próximos a Santa Maria RS, onde se investigou a correlação dos dados com fatores climáticos. Assim como ocorreu na presente pesquisa, foi observada uma correlação negativa do crescimento com a temperatura (-0,33).

Worbes (1999) correlacionou valores de crescimento mensurados com cintas dendrométricas com dados climáticos provenientes de estação meteorológica distante 100 km da área de estudos, para algumas espécies na Amazônia venezuelana, verificando uma alta correlação do crescimento na estação chuvosa e baixa da estação seca. Ocorreu incremento negativo decorrente retrabilidade da madeira no período seco. Correlações do crescimento com a precipitação foi de 0,79 a 0,91.

De maneira geral, verifica-se que o crescimento em regiões tropicais é mais influenciado por condições climáticas do que o em regiões subtropicais, como avaliado nesta pesquisa.

Estas baixas correlações do crescimento com os registros climáticos pode estar associada às distâncias das estações meteorológicas com locais onde foram coletadas as amostras das árvores no campo. Algumas médias das temperaturas (principalmente a temperatura máxima) apresentam as maiores correlações em locais onde as estações são mais próximas aos lugares de coleta, como Caçador (5 km), Irati (2 km) e Três Barras (15 km), podendo este fator ser a principal condicionante para as maiores relações com a temperatura, pois contemplaria de forma mais segura o microclima.

Em relação à precipitação, embora se tenha os registros anuais da quantidade de chuvas, esta variável isolada apresenta pouca influência no crescimento, uma vez que o fator mais importante para a planta, seria a disponibilidade de água no solo para as raízes, que certamente apresentaria uma forte relação com o crescimento.

#### 5.11.2. *Cedrela fissilis*

Na TABELA 53 pode ser visualizada a correlação dos parâmetros meteorológicos com a média do crescimento do cedro em cada local amostrado. Assim como no crescimento da araucária, no caso do cedro, a maioria das correlações existentes entre os registros climáticos e o crescimento médio anual da espécie foram baixas e negativas. Em Irati e Três Barras nenhuma correlação foi significativa a 5% e a 1%, enquanto que, para outros locais, como Caçador e Chapecó, obtiveram-se correlações negativas significativas entre o crescimento e a temperatura mínima, indicando que o crescimento para esta espécie é mais acelerado em anos com temperaturas mínimas mais baixas.

Em comparação com as correlações realizadas para o crescimento da araucária, percebe-se, por exemplo, nos dados de Irati, que, enquanto a araucária apresentou as maiores correlações com os parâmetros meteorológicos, no caso do cedro, não foram significantes em nenhum dos parâmetros. Isso indica que o crescimento do cedro é pouco ou nada influenciado por fatores climáticos naquele local, diferentemente do que ocorre para a araucária.

Foi verificada também uma correlação negativa e significativa com o crescimento do cedro e a precipitação em Caçador e São João do Triunfo, indicando que anos menos chuvosos foram mais favoráveis ao crescimento nestas duas localidades.

Assim como no crescimento da araucária, no caso do cedro, a maioria das correlações existentes entre os registros climáticos e o crescimento médio anual da espécie foram baixas e negativas. Em Irati e Três Barras nenhuma correlação foi significativa a 5% e a 1%, enquanto que, para outros locais, como Caçador e

Chapecó, obtiveram-se correlações negativas significativas entre o crescimento e a temperatura mínima, indicando que o crescimento para esta espécie é mais acelerado em anos com temperaturas mínimas mais baixas.

TABELA53 -CORRELAÇÃO DO CRESCIMENTO DE *C. fissilis* COM PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Caçador – SC					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,4696	1			
Tmin	0,4740	0,2406	1		
Precipitação	-0,1443	-0,1018	0,2868	1	
Incremento	-0,2876 <sup>ns</sup>	0,1490 <sup>ns</sup>	-0,3640*	-0,3906*	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,324; **Valor crítico a 1%=0,422.</b>					
Chapecó – SC					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,8999	1			
Tmin	0,6565	0,8254	1		
Precipitação	-0,1370	0,0829	0,1427	1	
Incremento	-0,1199 <sup>ns</sup>	-0,1441 <sup>ns</sup>	-0,3858*	0,2195 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,35; **Valor crítico a 1%=0,45.</b>					
Iratí – PR					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,7455	1			
Tmin	0,4443	0,8808	1		
Precipitação	-0,3149	0,1012	0,2416	1	
Incremento	0,0374 <sup>ns</sup>	0,2125 <sup>ns</sup>	0,1788 <sup>ns</sup>	0,0663 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,315; **Valor crítico a 1%=0,41.</b>					
São Francisco de Paula – RS					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,0901	1			
Tmin	0,0383	-0,1261	1		
Precipitação	-0,0470	-0,3545	0,1894	1	
Incremento	-0,3995*	-0,0335 <sup>ns</sup>	0,1589 <sup>ns</sup>	-0,2737 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,39; **Valor crítico a 1%=0,498.</b>					
São João do Triunfo – PR					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,8507	1			
Tmin	0,6314	0,9334	1		
Precipitação	-0,0671	0,2724	0,4471	1	
Incremento	0,1218 <sup>ns</sup>	-0,2096 <sup>ns</sup>	-0,3666 <sup>ns</sup>	-0,4763*	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,43; **Valor crítico a 1%=0,55.</b>					
Três Barras – SC					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,8011	1			
Tmin	0,5503	0,8782	1		
Precipitação	-0,6059	-0,5328	-0,1806	1	
Incremento	-0,0217 <sup>ns</sup>	-0,2059 <sup>ns</sup>	-0,3390 <sup>ns</sup>	-0,0349 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,428; **Valor crítico a 1%=0,55.</b>					

Tmax = Média anual da temperatura máxima; Tmed = Média anual da temperatura média; Tmin= Média anual da temperatura mínima; Precipitação = Precipitação total anual; Incremento = Incremento médio anual em diâmetro de todas as árvores amostradas da espécie.

Em comparação com as correlações realizadas para o crescimento da araucária, percebe-se, por exemplo, nos dados de Irati, que, enquanto a araucária apresentou as maiores correlações com os parâmetros meteorológicos, no caso do cedro, não foram significantes em nenhum dos parâmetros. Isso indica que o crescimento do cedro é pouco ou nada influenciado por fatores climáticos naquele local, diferentemente do que ocorre para a araucária.

Foi verificada também uma correlação negativa e significativa com o crescimento do cedro e a precipitação em Caçador e São João do Triunfo, indicando que anos menos chuvosos foram mais favoráveis ao crescimento nestas duas localidades.

#### 5.11.3. *Ocotea porosa*

As correlações dos registros climáticos dos quatro locais onde a imbuia ocorre naturalmente, com os dados de incremento médio da espécie podem ser observados na TABELA 54.

Somente em Irati ocorreu relação (negativa) significativa entre o crescimento e as temperaturas média, mínima e máxima e precipitação. No caso de São João do Triunfo verificou-se correlação significativa negativa entre o crescimento e a precipitação e temperatura mínima.

As baixas correlações observadas para esta espécie podem ser influenciadas pelas distâncias das estações meteorológicas ao local de pesquisa, sendo que, em Irati, que foi o único local onde as correlações foram significativas, a estação está mais próxima das árvores amostradas do que nos outros locais. Isso sugere que a espécie em questão pode ser muito influenciada pelo microclima do local.

TABELA 54 - CORRELAÇÃO DO CRESCIMENTO DE *O. porosa* COM PARÂMETROS METEOROLÓGICOS.

Caçador – SC					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,4696	1			
Tmin	0,4740	0,2406	1		
Precipitação	-0,1444	-0,1018	0,2868	1	
Incremento	0,0361 <sup>ns</sup>	-0,1161 <sup>ns</sup>	0,1835 <sup>ns</sup>	0,2920 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,324; **Valor crítico a 1%=0,422.</b>					
Iratí – PR					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,7455	1			
Tmin	0,4443	0,8808	1		
Precipitação	-0,3149	0,1012	0,2416	1	
Incremento	-0,4098*	-0,5976**	-0,5816**	-0,3245*	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,315; **Valor crítico a 1%=0,41.</b>					
São João do Triunfo – PR					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,8507	1			
Tmin	0,6314	0,9334	1		
Precipitação	-0,0671	0,2724	0,4471	1	
Incremento	0,0653 <sup>ns</sup>	-0,2581 <sup>ns</sup>	-0,4316*	-0,6417**	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,43; **Valor crítico a 1%=0,55.</b>					
Três Barras – SC					
	Tmax	Tmed	Tmin	Precipitação	Incremento
Tmax	1				
Tmed	0,8011	1			
Tmin	0,5503	0,8782	1		
Precipitação	-0,6059	-0,5328	-0,1806	1	
Incremento	0,0905 <sup>ns</sup>	-0,0357 <sup>ns</sup>	-0,2398 <sup>ns</sup>	-0,1877 <sup>ns</sup>	1
<b>*valor crítico a 5%= 0,428; **Valor crítico a 1%=0,55.</b>					

Tmax = Média anual da temperatura máxima; Tmed = Média anual da temperatura média; Tmin= Média anual da temperatura mínima; Precipitação = Precipitação total anual; Incremento = Incremento médio anual em diâmetro de todas as árvores amostradas da espécie.

## 6. CONCLUSÕES

- Para araucária, a idade estimada média dos indivíduos variou de 71 anos em Três Barras a 264 anos em Caçador demonstrado assim a grande variabilidade das idades nos diferentes locais, muito provavelmente em consequência do diâmetro médio das árvores amostradas, que em Caçador foi de 74,76 cm contra 32,12 cm em Três Barras, o que pode refletir um nível de conservação das araucárias mais elevado para Caçador;

- A idade estimada média dos cedros amostrados nos diferentes locais variou de 50 anos (São Francisco de Paula – RS) a 109 anos (Irati);

- Em relação à imbuia, dos quatro locais onde foram coletadas amostras desta espécie, em três deles a idade estimada média foi superior a 120 anos, sendo que em Caçador chegou a 196 anos;

- O crescimento diamétrico médio para a araucária variou de 0,30 cm.ano<sup>-1</sup> (Caçador) a 0,58 cm.ano<sup>-1</sup> (Irati); para o cedro variou de 0,31 cm.ano<sup>-1</sup> (Três Barras) a 0,53 cm.ano<sup>-1</sup> (São Francisco de Paula); e para a imbuia variou de 0,24 cm.ano<sup>-1</sup> (Caçador) a 0,43 cm.ano<sup>-1</sup> (São João do Triunfo);

- Verificou-se a existência de diferença estatística entre o crescimento das espécies em todos os locais, indicando que os fatores ambientais de cada local influenciam significativamente no desenvolvimento das árvores;

- O crescimento médio por década das três espécies apresentou diferença estatística em alguns locais como no caso da araucária em Chapecó, Irati, São Francisco de Paula, São João do Triunfo e Três Barras; do cedro em Chapecó, Irati, São João do Triunfo e Três Barras; da imbuia em Caçador, Irati e São João do Triunfo;

- Dos 13 modelos utilizados para as três espécies para estimar o crescimento em diâmetro em função da idade das árvores em que foi possível atingir a medula e de todas as árvores agrupadas, e os nove modelos para estimar o crescimento em função do diâmetro inicial, apresentaram resultados dos ajustes compatíveis com outros trabalhos já realizados;



- Os melhores ajustes para o crescimento em função da idade foram obtidos por diferentes modelos nos diversos locais, porém as curvas de crescimento e produção foram geradas pelo modelo de Chapman-Richards por este apresentar facilmente os valores assintóticos e ser mais largamente utilizado no meio florestal;

- Observou-se que os anos característicos de alto e baixo crescimento não foram os mesmos nas regiões analisadas, considerando a mesma espécie; o mesmo aconteceu para as três espécies em um mesmo local, o que indica a presença de diversos fatores interferindo no crescimento de cada espécie;

- As cronologias másters geradas por esta técnica garantem a datação precisa das amostras de madeira, tendo aplicação não somente para o manejo florestal mais também para a arquitetura (na forma de datação de peças raras de madeira) como para a perícia florestal (datação de possíveis incêndios florestais etc.);

- A técnica da dendrocronologia permite recompor o crescimento de forma rápida, precisa e segura, gerando índices de crescimento que retiram a influência da dimensão da árvore no seu incremento, fazendo com que os anos característicos de alto e baixo crescimento sejam melhor visualizados;

- A baixa correlação entre as cronologias de cada local, indica um crescimento diferenciado influenciado pelo sítio local, fazendo com que haja a necessidade de expandir os estudos dendrocronológicos em mais locais do ecossistema Floresta Ombrófila Mista, de modo a construir uma rede de cronologias máster;

- Em relação à correlação do crescimento médio com dados climáticos, foi possível verificar, em alguns casos, correlação significativa do crescimento com as temperaturas média, máxima, mínima e pouca correlação significativa com a precipitação;

- As correlações com dados climáticos poderiam ser melhoradas se fossem inseridas variáveis das condições do solo, e principalmente da disponibilidade de água no solo para as plantas.

## 7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREACCI, F. **Atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de florestas ombrófilas mista e densa no estado do Paraná: aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos.** 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná.

ALDER, D. **Growth modeling for mixed tropical forests.** Tropical Forestry Papers, Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, n. 30, 231p. 1995.

ALEMDAG, I. S. Evaluation of some competition indexes for the prediction of diameter increment in planted white spruce. **Forest Management Institute.** Inf. Rep. FMR-X-108. 39 p. 1978.

ALVARADO, J. R. **Dendrocronologia de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru.** Piracicaba, 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

AZEVEDO, C. P.;SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Predição do ingresso total de um povoamento. **Revista Árvore**, v.19, n.1 p.50-64, 1995.

BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. **Conhecer a idade das árvores: importância e aplicação.** Colombo: EMBRAPA, Brasil. 25 p. (série Documentos, 75), 2002.

BOTOSSO, P.C.; TOMAZELLO FILHO, M. aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia. In: N. B. Maia; H. L. Martos; W. Barella. (Org.). **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações.** São Paulo: EDUC – Editora da PUC-SP, 2001, p. 144-165.

BURGER, L.M.; RICHTER, G.H. **Anatomia da madeira**, São Paulo, Nobel, 154 p.1991.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G., **Mensuração Florestal: Perguntas e respostas** / João Carlos Campos Chagas e Hélio Garcia Leite. – 2. ed. e ampl. – Viçosa: Ed. UFV, 2006. 470 p. : il.

CARVALHO, P, E, R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira** / Paulo Ernani Ramalho Carvalho; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. – Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p. : il. Color (35p. com 140 fotografias), 4 mapas.

CHAGAS, M. P. **Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *Grevillea robusta* A. Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill., *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. e *Terminalia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP.** Piracicaba, 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CHAI, F. Y. C.; LEMAY, V. M. Development and testing of diameter increment models for mixed swamp forests of Sarawak. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 58, p. 51-64. 1993.

CHAMBERS, J.Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J.P. Ancient tree in Amazonia. **Nature**. v. 391, p. 135-136, 1998.

CONDIT, R.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B. Identifying fast-growing native trees from the Neotropics using data from a large, permanent census plot. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 62, p. 123-143. 1993.

COOK, E.R. **A time series analysis approach to tree-ring standardization.** Tucson, 1985. 171 f. Thesis (PhD in Management of Watersheds) - University of Arizona, Tucson.

COSMO, N. L. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do Rio Iguaçu-PR.** Curitiba, 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CUBAS, R. **Florística, estrutura e dinâmica em uma Floresta Ombrófila Mista no norte do estado de Santa Catarina**. Irati, 2011. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO.

DEUSEN, P. C. van. Testing for stand dynamic effects on red spruce growth trends. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 17, n. 12, p. 1487-1495, 1987.

DEVALL, M. S.; PARRESOL, B. R.; ARMESTO, J. J. Dendroecological analysis of a *Fitzroya cupressoides* and a *Nothofagus nitida* stand in the Cordillera Pelada, Chile. **Forest Ecology and Management** v.108. 1998. p. 135–145.

DEVALL, M. S.; PARRESOL, B. R.; WRIGHT, S. J. Dendroecological analysis of *Cordia alliodora*, *Pseudobombax septenatum* and *Annona spraguei* in central Panamá. **IAWA Journal**, Vol. 16 n. 4, 1995.p. 411-424

DISPERATI, A. A.; OLIVEIRA FILHO, P. C. Copas de Araucária observadas em fotografias aéreas 70 mm colorido normal em escala muito grande (1:1000). In: **Anais do VII Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal** / Orgs. Attilio Antonio Disperati, João Roberto dos Santos. Curitiba, PR, de 17 a 19 de outubro de 2006. -- Curitiba, PR p. 580-588.: FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2006.

DÜNISCH, O.; MONTÓIA, R.V.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. **Trees** v. 17 p. 244-250, 2003.

DURIGAN, M.E. **Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo - PR**. Curitiba, 1999. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J.R.R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43p. il.- (Comunicações técnicas florestais; ISSN 1517-1922; v.7, n.1).

- FERREIRA, R. L. C. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG**. Viçosa, 208f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa. 1997.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 763-776, out./dez. 2010.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; SERPE, E. L.; PLODOWSKI, G.; SANTOS, D. F.; STEPKA, T. F.; BECKER, M. Crescimento sazonal em diâmetro de 16 espécies de uma Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brazil. In: **2º Congresso latinoamericano IUFRO**. Bosques: la creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas, v. 1., 2006. La Serena, Chile. Anais do... La Serena: IUFRO-INFOR. 2006. v.1. p. 115-127.
- FINGER, C. A. G. **Biometria Florestal**. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. 2006. 284 p.
- FINGER, C.A.G; SCHNEIDER, P. R.; BERGER, R.; ELEOTÉRIO, J.R. Investigação retrospectiva do crescimento volumétrico de Pau-ferro (*Astronium balansae*). **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 131-136. 2003.
- FISCHER, F. M.; SILVA, A. S.; BERGAMIN, R.; OLIVEIRA, J. M.; PILLAR, V. P. Estrutura etária de *Araucaria angustifolia* em um remanescente florestal primário. In: **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**, 13 a 17 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG.
- FRITTS, H.C. **Tree Rings and Climate**. London: Academic Press, 1976. 567 p.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1987. 467 p.
- GOMES, J. F. **Classificação e crescimento de grupos ecológicos na Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS**. Santa Maria, 2005. 63f. Dissertação(Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria.
- GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**, São Paulo: MAKRON Books, 2000. 846 p.

HOLMES, R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-Ring Bull.** 1983. v. 43: p. 69–75.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1982.402 p.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências, n.1,Rio de Janeiro, 1992. 92 p.

ICMBIO. **Cheia das Cataratas do Iguaçu interdita passarela e suspende passeio de barco**. Notícias 03/08/2011, Disponível em: [www.icmbio.gov.br/comunicacao/noticias/4-geral/1703](http://www.icmbio.gov.br/comunicacao/noticias/4-geral/1703). Acesso em 22/08/2011.

ICMBIO. **Florestas Nacionais**, 2009. Disponível em: [www.icmbio.gov.br/flonas/index](http://www.icmbio.gov.br/flonas/index). Acesso em 25/05/2009.

IMAÑA. E. J.; ENCINAS. B. O. **Epidometria Forestal**. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal e Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, 2008. 70 p.

IWASAKI-MAROCHI, C. I. **Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* - Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia**. Curitiba, 2007. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

KOEHLER, H. S. **Estatística Experimental**. Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 1999. 122 p.

KOHLER, S. V.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELDE, J. L.; DIAS, A. N. Crescimento e produção em plantios de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no centro-sul do Paraná. In: **Anais do XVIII Encontro anual de iniciação científica** – 30 de setembro a 2 de outubro de 2009.

KRAMER, T. T.; KOZLOWSKI, P. J. **Physiology of tree**. New York, McGraw – Hill Book Company, Inc. 1960, 642p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos Trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn : GTZ, 1990. 343 p.

- LEECH, J. W.; CORRELL, R. L.; MYINT, A. K. Use of principal-coordinate analysis to assist in aggregating species for volume-table construction. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 40: p. 279-288. 1991.
- LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: **Geografia do Brasil** : Região Sul. v. 2 . Rio de Janeiro: IBGE, 1990.
- LIANG, J.; BUONGIORNO, J.; MONSERUD, R. A. Estimation and application of a growth and yield models for uneven-aged mixed stands in California. **International Forestry Review**. v. 7, n. 2, p. 101-112, 2005.
- LISBOA, G. S. **Fotografias aéreas de escala grande e imagem Ikonos-2 no mapeamento de copas de *Araucaria angustifolia***. Irati, 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste UNICENTRO.
- LISI, C. S. **Estudo dendrocronológico e da biomassa do carbono em anéis de crescimento do tronco de árvores da mata atlântica**. RELATÓRIO 2007/2008 das atividades com finalidade científica IBAMA. 2009.
- LOBÃO, M. S. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, estado do Acre, Brasil**. 2011. 209 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011.
- LONGHI, S.J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. Curitiba, 1980. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- LÓPEZ, B. C.; RODRÍGUEZ, R.; GRACIA, C. A.; SABATÉ, S. Climatic signals in growth and its relation to ENSO events of two *Prosopis* species following a latitudinal gradient in South America. **Global Change Biology** v. 12, 2006. p. 897–906.
- LÓPEZ, L.; VILLALBA, R. Climate Influences on the Radial Growth of *Centrolobium microchaete*, a Valuable Timber Species from the Tropical Dry Forests in Bolivia. **Biotropica**, v. 43 n.1, p.41–49 . 2011

- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: José Olympio, 1968. 438 p.
- MACHADO, S.A.;SIQUEIRA, J.D.P. Distribuição natural da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: **ENCONTRO DA IUFRO** – Problemas Florestais do Gênero *Araucaria*. Curitiba, FUPEF 1980.
- MACKAY, E. **Dasometria, teoria y técnica de las mediciones forestales**. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingeniero de Montes, 1964. p.549-687.
- MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia de Angiospermas: das magnoliáceas às flacurtiáceas**. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 1997. 271 p.
- MATTOS, P. P. **Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa da taxa de crescimento de arbóreas nativas do Pantanal da Nhecolândia**. Curitiba, 1999. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- MATTOS, P. P.; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y, M. M.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.30, n. 64, p. 319-326, nov./dez. 2010.
- MATTOS, P, P; SANTOS, A. T.; OLIVEIRA, Y. M. M; ROSOT, M. A. D. Dendrocronologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista no Município de Cândói-PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.54, p 153-156, jan/jun. 2007.
- MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y, M. M.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Crescimento de *Araucaria angustifolia* na Reserva Florestal Embrapa/Epagri, Caçador, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 107-114, jul./dez. 2007.
- MAZZA, C. A. da S.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, J. E. SIG aplicado à caracterização ambiental de uma unidade de conservação Floresta Nacional de Irati, Paraná. In: **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2251-2258.



MEDEIROS, J. G. S. **Anéis de crescimento de árvores de *Araucaria columnaris* Hook.: caracterização anatômica, densitométrica e aplicação no monitoramento ambiental.** Piracicaba, 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MENDONÇA, A.C.A. **Caracterização e simulação dos processos dinâmicos de uma área de floresta tropical de terra firme utilizando matrizes de transição.** Curitiba, 2003. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MOORE, D. S. **The Basic Practice of Statistics.** New York, Freeman, 2007.

NAGEL, J.; ATHARI, S. Stammanalyse und ihre Durchführung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, **Frankfurt am Main**, v. 153, n. 9/10, p. 179-182, 1982.

NAMAALWA, J.; EID, T.; SANKHAYAN, P. A multi-species density-dependent matrix growth model for the dry woodlands of Uganda. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 213, p. 312-327, 2005.

NARVAES, I. S. **Classificação e caracterização da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.** Santa Maria, 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.

NEBEL, G., MEILBY, H. Growth and populations structure of timber species in Peruvian Amazon flood plains. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 215, p. 196-211, 2005.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F. Relações entre Fatores Climáticos e Incremento em Diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na Região de Santa Maria, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 45, jul./dez. 2002 p. 41-55.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: Bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil.** Porto Alegre, 2007. 139 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, M. F.; MATTOS, P. P. Crescimento de *Drimys brasiliensis* na Floresta Ombrófila Mista, Colombo, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.30, n. 61, p. 79-83, jan./abr. 2010.

OLIVEIRA, J. M.; SANTAROSA, E.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. P. Amostragem Temporal de Anéis de Crescimento: Uma Alternativa para Determinar Ritmo de Atividade Cambial. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 615-617, jul. 2007.

PELAHÍ, M.; GRAU, J. M. Preliminary site index model and individual-tree growth and mortality models for Black pine (*Pinus nigra* Arn.) in Catalonia (Spain). **Inves. Agrar.: Sist. Recur. For.** v. 12, n.1, P. 137-148, 2003.

PELAHÍ, M.; PUKKALA, T.; MIINA, J.; MONTERO, G. Individual-tree growth and mortality models for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. **Ann. For. Sci.** v. 60, p. 1-10, 2003.

PELLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Vol.1, Curitiba, 1997, 316p.

PHILLIPS, P. D.; AZEVEDO, C. P.; DEGEN, B.; THOMPSON, I. S.; SILVA, J. N. M.; VAN GARDINGEN, P. R. An individual-based spatially explicit simulation model for strategic forest management planning in the eastern Amazon. **Ecological Modeling**, Amsterdam, v. 173, p. 335-354, 2004.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo - PR: 1995 a 1998**. Curitiba, 1999. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura Forestal**. San José, C.R.: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997. 561 p.

RAUBER, C. R. **Dendrocronologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) em um ecótono de Florestas Subtropicais Montanas no Brasil**. 2010. 80 f. Dissertação (Mestrados em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

REITZ, J.R. **Meliaceae**. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí, 1984. 140p.

RIBEIRO, S. B. **Classificação e ordenação da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS.** Santa Maria, 2004. 161 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria.

RIVERA, H. **Ordenamento territorial de áreas florestais utilizando avaliação multicritério apoiada por geoprocessamento, fitossociologia e análise multivariada.** Curitiba, 2007. 225 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

RODE, R. **Avaliação Florística e Estrutural de uma Floresta Ombrófila Mista e de uma Vegetação Arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos.** Curitiba, 2008. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Revista Ciência & Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, n. 24, p. 75-92, jan/jun 2002.

ROIG, F.A. Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. In: Roig, F.A. (Eds.) **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC. p.307-355. 2000.

ROIG, F. A. Growth conditions of *Empetrum rubrum* in the south of Argentina. **Dendrochronologia**, v. 6, p. 43-59, 1989.

ROIG, F. A.; BONINSEGNA, J. A. . Estudios sobre el crecimiento radial, basal, en altura y de las condiciones climáticas que afectan el desarrollo de *Pilgerodendron uviferum*. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 64, p. 53-63, 1991.

ROIG, F. A.; FERNANDEZ, M.; GARECA, E.; ALTAMIRANO, S.; MONGE, S. Dendrochronological studies in the humid Puna environments of Bolivia. **Ecología y Conservacion Ambiental**, v. 9, p. 3-13, 2001.

RONDON NETO, R. M. **Análise do histórico silvicultural de quatro espécies de uma Floresta Ombrófila Mista com auxílio da Dendrocronologia.** Curitiba, 2003. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.

- ROSOT, M. A. D.; FIGUEIREDO FILHO, A.; DISPERATI, A. A.; EMERENCIANO, D. B. Análise de tronco digital: uma nova metodologia para a medição de anéis de crescimento. **Revista Floresta**. v. 33, n.3. p. 235-255, 2003.
- ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M.; MATTOS, P. P.; GARRASTAZU, M. C.; SHIMIZU, J. Y. **Monitoramento na Reserva Florestal da Embrapa/Epagri (RFEE) em Caçador, SC**. Documento 158, Embrapa Florestas. Colombo, PR. 2007. 35 p.
- ROSSI, L.M.B. **Processo de Difusão para Simulação da Dinâmica de Floresta Natural**. Curitiba, 2007. 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.
- SANQUETTA, C. R. **Perspectivas da recuperação e do manejo sustentável das florestas de araucária**. Data de publicação, 10 de agosto de 2005. <http://www.comciencia.br/reportagens/2005/08/09.shtml>, acessado dia 13 de julho de 2007.
- SANQUETTA, C.R; CUNHA, U.S.; WATZLAWICK, L.F; CAMPOS, M.L.B. Projeção da distribuição diamétrica de fragmentos de florestas semidecíduas com matriz de transição. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 3, n.1, p. 75-85. Jan/Jun 2001.
- SANTAROSA, E.; OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Crescimento sazonal em *Araucaria angustifolia*: Evidências Anatômicas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl. 1, p 618-620, jul. 2007.
- SCHAAF, L.B. **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná**. Curitiba, 2001. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- SCHEEREN, L. W.; FLEIG, F. D.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de Canela-lageana, *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees, na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 137-144. 2003.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidâneas heterogêneas**. Santa Maria: UFSM, 2000. 195p.

SCHNEIDER, P. S. P.; SCHEEREN, L. W.; FLEIG, F. D.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. G. Crescimento da canela-de-veado, *Helietta apiculata* Benth., na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. In: **Simpósio Latino-americano sobre manejo florestal**, 1, 2000, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria, 2000. p. 177-190.

SCHNEIDER, P. S. P.; SCHEEREN, L. W.; FLEIG, F. D.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. G. Crescimento da *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud., na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Floresta e Ambiente** v.13, n.1, p. 26 - 33, 2006

SCHWEINGRUBER, F. **Trees and Wood in dendrochronology**. Morphological, anatomical and tree-ring analytical characteristics of trees frequently used in dendrochronology. Springer-Verlag. Germany. 1983. 402 p.

SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A.; MELLO, J.M.de.; OLIVEIRA FILHO, A.T. Modelo de produção para floresta nativa como base para o manejo sustentado. **Revista Cerne**, v.2, n.1, p. 112-137. 1996.

SEITZ, R. A.; KANNINEN, M. Dendrochronology of *Araucaria angustifolia* in southern Brasil: Preliminary results. **Revista Floresta**, Curitiba, v.18, n.12, p.55-61, 1988.

SILVA, F. de A. S. e. The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: International Conference on Computers in Agriculture, 6, Cancun, 1996. **Anais...** Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p.294-298.

SILVA, J. A. A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE. 1979. 191 p.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia Florestal**. 2ª edição – Viçosa: UFV, 2005. 178p.: il.

SPATHELF, P.; BERGER, R.; VACCARO, S.; TONINI, H.; BORSOI, G. A; Crescimento de espécies nativas de uma Floresta Estacional Decidual/Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, 2001. p. 103-119

SPATHELF, P.; DURLO, M. A. Transition matrix for modeling the dynamics of a subtropical seminatural forest in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 151, p. 139-149, 2001.

SPATHELF, P.; FLEIG, F. D.; VACCARO, S.; ESBER, L. M. Análise Dendroecológica de *Ocotea pulchella* (Canela Lajeana), na Serra Geral de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, 2000. p. 95-108.

SPATHELF, P.; TOMAZELLO FILHO, M.; TONINI, H. Dendroecological analysis of *Ocotea pulchella* and *Nectandra megapotamica* on two sites near Santa Maria, Rio Grande do Sul (Brazil). **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 777-788, out./dez. 2010.

STEPKA, T. F. **Modelagem da Dinâmica e Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista por meio de Matriz de Transição e Razão de Movimentação**. Irati, 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste.

STOKES, M.; SMILEY, T. **An introduction to tree-ring dating**. Chicago and London. The University of Chicago Press. USA. 1968. 73 p.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, S. C. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: **Indicadores ambientais**. p. 117-143, 2002.

TONINI, H.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. O crescimento da *Nectandra megapotamica* Mez., em floresta nativa na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 33, n.1, jan-fev, 2003.

VANCLAY, J. K. Aggregating tree species to develop diameter increment equations for tropical rainforests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 42, p. 143-168, 1991.

VANCLAY, J.K. A growth model for north Queensland rainforests. **Forest Ecology and Management** v. 27 p. 245–271. 1989.

VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. Wallingford: CAB International, 1994. 312p.

VELOSO, H.P.; GÓES FILHO, L. Fitogeografia Brasileira: classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical. In: **PROJETO RADAMBRASIL**, 1982, Salvador. (Bol. Técnico. Série vegetação, 1).

VETTER, R. E.; BOTOSSO, P. C., Observações preliminares sobre a periodicidade e taxa de crescimento em árvores tropicais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 18 n.1-2. 1988.

WATZLAWICK, L. F.; VULCANIS, L.; SAQUETTA, C. R.; NUTTO, L. Perspectivas de manejo de Capororoca (*Myrsine umbellata* MART.) utilizando Análise Retrospectiva. **Revista Ambiência**, v. 1 n. 1, p. 71-82. Jan/Jun. 2005

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees – a review. **IAWA journal**, v. 16, n. 4, p. 337-351, 1995.

WORBES, M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. **Journal of Ecology**, v. 87, p. 391- 403, 1999.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics - a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, n. 20, v.1,2. p 217-231. 2002

ZEIDE, B. Accuracy of equations describing diameter growth. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 19, n. 10, p. 1283-1286, 1989.

ZEIDE, B. Analysis of Growth Equations. **Forest Science**, v. 39, n. 3, p. 594-616. 1993.